

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

JP00/2237

日本特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JP2000-02237

06.04.00	RECD 26 MAY 2000
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年10月 8日

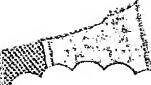
出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第288129号

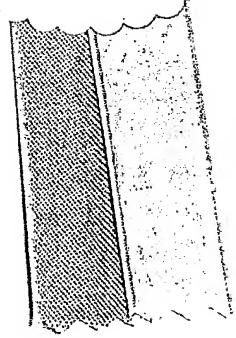
出願人  
Applicant(s):

株式会社ケンウッド

PRICRITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

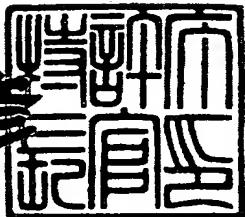


2000年 5月12日



特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤 隆



出証番号 出証特2000-3035045

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P05-972249  
【提出日】 平成11年10月 8日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04B 14/04  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号 株式会社ケンウッド内  
【氏名】 佐藤 寧  
【特許出願人】  
【識別番号】 000003595  
【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号  
【氏名又は名称】 株式会社ケンウッド  
【代理人】  
【識別番号】 100088063  
【住所又は居所】 東京都八王子市北野町24番地の1 共立リライアンス  
子安11308号室 坪内特許事務所  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 坪内 康治  
【電話番号】 0426-44-5502  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 054069  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 補間方法、補間装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、

第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、

デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、  
を特徴とする補間方法。

【請求項2】 前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

、  
を特徴とする請求項1記載の補間方法。

【請求項3】 サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、

第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項4】 第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短かければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項3記載の補間方法。

【請求項5】 前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る

或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項3または4記載の補間方法。

【請求項6】 補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項5記載の補間方法。

【請求項7】 サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、

第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、

デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項8】 前記デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させないようにしたこと

を特徴とする請求項7記載の補間方法。

【請求項9】 サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、

第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項10】 第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短か  
ければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、  
を特徴とする請求項9記載の補間方法。

【請求項11】 前記ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡  
る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項9または10記載の補間方法。

【請求項12】 補間対象区間の時間長さをTとして、周波数  $f = 1 / 2T$   
の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、  
を特徴とする請求項11記載の補間方法。

【請求項13】 サンプリング周波数  $f_s$  のディジタルデータ列を対象とし  
て該ディジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れ  
た部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする  
検出手段と、

第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一  
部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する  
周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭  
までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、  
を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項14】 前記ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡  
る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるよ  
うにしたこと、

を特徴とする請求項13記載の補間装置。

【請求項15】 サンプリング周波数  $f_s$  のディジタルデータ列を対象とし  
て該ディジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れ  
た部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする

検出手段と、

第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項16】 決定手段は、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短かければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項15記載の補間装置。

【請求項17】 前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項15または16記載の補間装置。

【請求項18】 補間手段は、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項17記載の補間装置。

【請求項19】 サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、

第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項20】 前記デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項19記載の補間装置。

【請求項21】 サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、

第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項22】 決定手段は、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短かければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項21記載の補間装置。

【請求項23】 前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項21または22記載の補間装置。

【請求項24】 補間手段は、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数  $f = 1/2T$  の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項23記載の補間装置。

#### 【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は補間方法、補間装置に係り、とくに、圧縮データを伸長した場合の如く、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列でも効果的に量子化ノイズを低減できる補間方法、補間装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

例えば、音声、映像等のデジタル記録／再生では、音声、映像等のアナログ信号をA／D変換してデジタル信号を半導体メモリ、光ディスク等の所定の記憶媒体に記憶しておき、再生時に記憶媒体から読み出したあと、D／A変換して元の音声、映像等を再現するようにしている。記憶媒体の容量を節約したい場合、アナログ信号をA／D変換する際の量子化ビット長を短くすれば良いが、記憶媒体から読み出したデジタル信号に量子化ノイズが発生する。このため、従来は記憶媒体から読み出したデジタル信号の量子化ビット長を下位側に所定ビット長だけ拡張するとともに、図22の如く、入力波形に応じて周波数特性（カットオフ周波数）が動的に変化する可変ローパスフィルタに入力し、補間処理を行うようにしている。

## 【0003】

例えば、原信号が図23（1）の如く正弦波のアナログ信号の場合、A／D変換後のデジタル信号は図23（2）の如くなるが、ビット拡張後、可変ローパスフィルタに入力して補間処理を行ったデジタル信号は図23（3）の如くなり、元の正弦波に近く、量子化ノイズがかなり改善されることが判る。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、半導体メモリ等の比較的高価な記憶媒体を使用する場合、より記憶容量を有効利用するため、デジタル信号を圧縮したあと記憶させるようにしている。圧縮率は高いが完全には元の波形に戻せない不可逆圧縮方式の場合、例えば、図23（1）に示す如く原信号が正弦波の場合、A／D変換後のデジタル信号は図23（2）の如くなり、まだ量子化ノイズはそれほど大きくないが、圧縮・伸長後の復元デジタル信号は図24（1）の如くなり、大きな量子化ノイ

ズが残っている。この復元デジタル信号に対し、量子化ビット長を下位側に所定ビット長だけ拡張したあと、可変ローパスフィルタに入力すると、図24(2)の如くなり、まだ大きな量子化ノイズが残っている。量子化ノイズ低減効果を上げるため可変ローパスフィルタのカットオフ特性を急峻にしようとすると、群遅延特性が悪化してしまうので実現できないという問題があった。

本発明は上記した従来技術の問題に鑑み、群遅延特性を悪化させずに量子化ノイズを低減できる補間方法、補間装置を提供することを、その目的とする。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1記載の補間方法では、サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項13記載の補間装置では、サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分の分析をし、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大き

なデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まではほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項2では、請求項1記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項14では、請求項13記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分がとくに目立って強調されてしまうおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項3記載の補間方法では、サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続

区間とし、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項15記載の補間装置では、サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として決定する決定手段と、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。そして、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができ、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分に対し、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項4では請求項3記載の補間方法において、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短ければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項16では請求項15記載の補間装置において、補間手段は、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短ければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

量子化ノイズの大きなディジタルデータ列では第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短ければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とすることで、ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができ、元のディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。

請求項5では請求項3または4記載の補間方法において、前記ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

また、請求項17では請求項15または16記載の補間装置において、前記ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

請求項5、17によれば、ディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれがないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或

る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項6では請求項5記載の補間方法において、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

また、請求項18では請求項17記載の補間装置において、補間手段は、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

補間対象区間の時間長さをTとすると補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易くなる。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれがないときは量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調される恐れが強いときは、当該周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることが可能となる。

請求項7記載の補間方法では、サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うこと、を特徴としている。

また、請求項19記載の補間装置では、サンプリング周波数 $f_s$ のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間

の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、ディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周期性と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、ディジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなディジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、ディジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、ディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、元のディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項8では請求項7記載の補間方法において、前記ディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させないようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項20では請求項19記載の補間装置において、前記ディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

ディジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のディジタルデータ

タ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれがないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項9記載の補間方法では、サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

請求項21記載の補間装置では、サンプリング周波数  $f_s$  のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として決定する決定手段と、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第1同一値連続区間の最後尾

から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周期性と適合した補間波形とすることができます、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができます。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項10では請求項9記載の補間方法において、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短ければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項22では請求項21記載の補間装置において、決定手段は、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短ければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

デジタルデータ列中には第2同一値連続区間の前後で第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短ければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とすることで、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができます、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができます。

請求項11では請求項9または10記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

請求項23では請求項21または22記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させること、を特徴としている。

デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項12では請求項11記載の補間方法において、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項24では請求項23記載の補間装置において、補間手段は、補間対象区間の時間長さをTとして、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させないようにしたこと、を特徴としている。

補間対象区間の時間長さをTとすると補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易くなる。そこで、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることが可能となる。

各請求項の補間関数には直線関数または曲線関数を用いることができる。

#### 【0006】

#### 【発明の実施の形態】

次に、本発明の一つの実施の形態を図1を参照して説明する。

図1は本発明に係る補間方法を具現した補間装置の構成を示すブロック図である。

1は圧縮音声データを伸長後のデジタルデータの入力端子であり、ここでは、サンプリング周波数  $f_S$ 、量子化ビット長  $n$  で2の補数表現によるデジタルデータ列  $d_0, d_1, d_2, \dots$  が入力されるものとする。2Aは第1メモリであり、アドレス0からNまで、量子化ビット長  $n' = (n+m)$  ビットのデジタルデータを  $(N+1)$  個格納できる容量を有している。2Bは第1から第MまでM個の記憶領域を有する第2メモリであり、各記憶領域には、後述するDSP（デジタルシグナルプロセッサ）により、第1メモリ中の連続する512個のデジタルデータ列  $d_i, d_{i+1}, d_{i+2}, \dots, d_{i+511}$  に対してFFTによる周波数成分の分析（周波数スペクトラムの測定）の結果得られた周波数別の大さき（図2に示す如く、0～-120（dB）の範囲での振幅値（なお、振幅値0dBを  $Q_M$  とする）と、-120（dB）を原点とし、10dBずつ0dBまで等間隔に区切ったスケール上での振幅値0dBのスペクトルの長さを  $R_M = 100$  としたときのスペクトルの相対長さ）が、第1メモリ中でFFTでの分析結果を利用可能なデータのアドレス範囲  $C_1 \sim C_2$  と対応付けて記憶される。1回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は0～511であり、 $C_1 = 0, C_2 = 383$  とされる。2回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は256～767であり、 $C_1 = 384, C_2 = 639$  とされる。3回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は512～1023であり、 $C_1 = 640, C_2 = 895$  とされる（図8参照）。以下、同様にして、 $j$  ( $j \geq 4$ ) 回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は  $(j-1) \times 256 \sim (j-1) \times 256 + 511$  であり、 $C_1 = (j-2) \times 256 + 384, C_2 = (j-2) \times 256 + 639$  とされる。なお、ここでは説明の便宜上、N、Mは十分大きいものとする。

#### 【0007】

3はDSPであり、入力端子1からデジタルデータ列  $d_0, d_1, d_2, \dots$  を入力し、下位側にmビットだけ拡張しながら第1メモリ2Aに入力順に書き込んでいく（具体的には、2の補数表現の場合、 $d_i$  の符号ビットであるMSBが0のときは  $d_i$  の下位側にm個の「0」を付加し、 $d_i$  のMSBが1のときは  $d_i$  の下位側にm個の「1」を付加する）。量子化ビット長が  $n' = (n+m)$

ビットに拡張されたデジタルデータ列の成す波形は階段状に変化し、量子化ノイズを有することになるが、DSP3は第1メモリ2Aに記憶されたデータを対象に所定の補間処理を行い、量子化ノイズを低減させる。DSP3は、これら第1メモリ2Aへの書き込み及び補間処理と平行して、第1メモリ2Aから補間後のデータを順に読み出し、サンプリング周波数  $f_s$ 、量子化ビット長  $n' = (n + m)$  ビットのデジタルデータ列  $G_0, G_1, G_2, \dots$  として出力端子4から出力する。

#### 【0008】

図3と図4はDSP3のメイン処理を示すフローチャート、図5はDSP3のマルチタスク処理により、メイン処理と平行して実行されるFFT処理を示すフローチャート、図6はDSP3によるデータ入力割り込み処理を示すフローチャート、図7はDSP3によるデータ出力割り込み処理を示すフローチャートである。図8はDSPによるFFT動作の説明図、図9と図10は第1メモリ2Aに格納されるデータ列の一例を示す説明図であり、以下、これらの図を参照して補間動作を説明する。ここでは  $n = 8$ 、  $m = 4$  として説明する。なお、第1メモリ2Aのアドレス  $i$  に記憶されたデータは  $D_i, D_i', D(i), D_{i,d}$  ( $d$  は任意の整数)、  $D_{i,d}$  で表すものとする。また、FFTで周波数分析した周波数別の振幅値が取りうる最大値を  $Q_M = 0 \text{ dB}$ 、振幅値  $0 \text{ dB}$  のスペクトルの長さを  $R_M = 100$  と見做すものとする（図2参照）。

#### 【0009】

まず、DSP3は初期化処理により、第1メモリ2Aと第2メモリ2Bの全領域をクリアするとともに、第1メモリ2Aに対する書き込ポインタRPと読み出ポインタWPを0とする（図3のステップS10）。以降、DSP3は入力端子1に新たな  $n = 8$  ビット長のデジタルデータ  $d_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots$ ) が入力される度に、図6のデータ入力割り込み処理を実行し、下位側に  $m = 4$  ビットだけ拡張しながら第1メモリ2Aの内、RPの示すアドレスに書き込むとともにRPをインクリメントする処理を行う（ステップS50、S51。図9参照）。また、入力データ数が1024個を越えたあと、周期  $T_0 = (1/f_s)$  で図7のデータ出力割り込み処理を実行し、第1メモリ2Aの内、WPの示すアドレスか

らデータD(WP)を読み出し、G<sub>WP</sub>として出力し、WPをインクリメントする(ステップS60、S61)。

## 【0010】

DSP3は初期化処理のあと、第1メモリ2Aを先頭アドレスの側から参照して入力データ列中に同一値のデータが複数個連續した区間が存在するか探索する(図3のステップS11、S12)。最初の同一値連續区間が見つかれば(ステップS12でYES)、続いて該同一値連續区間の最後尾が確定しているかチェックする(ステップS13)。最新の入力データが今回探索した同一値連續区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し(図9(1)のD<sub>4</sub>参照)、この場合、その後のデータ入力で確定するのを待つ。これと異なり、今回探索した同一値連續区間の直後に、該同一値連續区間とは異なる値のデータが格納されているときは(図9(2)のD<sub>5</sub>参照)、当該同一値連續区間の最後尾が確定していると判断する。

## 【0011】

ステップS13でYESになれば、今回探索した同一値連續区間を第1同一値連續区間とし、先頭アドレスをS<sub>1</sub>、最後尾アドレスをE<sub>1</sub>、データ値をY<sub>1</sub>、データ数をL<sub>1</sub>として記憶する(ステップS14)。図9(2)の場合、S<sub>1</sub>=1、E<sub>1</sub>=5、L<sub>1</sub>=5となる。次に、DSP3は第1メモリ2Aを参照して第1同一値連續区間の直後に、第1同一値連續区間とは異なる値での同一値連續区間が存在するかチェックする(ステップS15)。存在しなければ第1メモリ2Aを参照して入力データ列中の次の同一値連續区間を探索し(ステップS16、S17)、見つかればステップS13に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図9(2)に示す如く、第1同一値連續区間の直後に、第1同一値連續区間とは異なる値での同一値連續区間が存在していたとすると、続いて該同一値連續区間の最後尾が確定しているかチェックする(ステップS18)。最新の入力データが当該同一値連續区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該同一値連續区間の直後に、該同一値連續区間とは異なる値のデータが格納されているときは(図9(2)のD<sub>10</sub>参照)、当該同一値連續区間の最後尾が確定していると判断し、当該同一

値連続区間を第2同一値連続区間とし、先頭アドレスを $S_2$ 、最後尾アドレスを $E_2$ 、データ値を $Y_2$ 、データ数を $L_2$ として記憶する（ステップS19）。図9(2)の場合、 $S_2 = 6$ 、 $E_2 = 9$ 、 $L_2 = 4$ となる。

#### 【0012】

次に、後で詳しく説明する様に、DSP3は第1同一値連続区間の全部または第2同一値連続区間の直前の一部を補間対象区間として決定するので、第2メモリ2Bを参照して第1同一値連続区間の最後尾アドレス $E_1$ を、FFT結果の利用可能対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含むようなFFTが完了しているかチェックし、まだであれば完了するのを待つ（ステップS20）。

#### 【0013】

DSP3はマルチタスク処理により、図3、図4のメイン処理と平行して図5のFFT処理を実行している。図5において、最初、第1メモリ2AでFFT処理に用いるデータ範囲を定める $k$ を0、第2メモリ2BでFFT処理結果を格納する記憶領域を定める $P$ を1とし（ステップS31）、入力端子1から1番目～512番目までのデータ $d_0, d_1, \dots, d_{511}$ が入力されて第1メモリ2Aに格納されるのを待つ（ステップS32）。ステップS32でYESになれば、これら1番目～512番目までのデータを用いてFFT処理を実行し、周波数別の成分の大きさ（振幅値とスペクトルの相対長さ。図2参照）を求め、第2メモリ2Bの第1記憶領域に格納するとともに、該第1記憶領域には、第1メモリ2Aの内、今回のFFT処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップS33）。図8(1)に示す如く、1回目のFFTの場合、 $C_1 = 0, C_2 = 383$ とされる。なお、1回分のFFT処理は、256個のデータ $d_i$ の入力に要する時間（ $= 256 \times (1/f_s)$ ）内に完了するものとする。

#### 【0014】

ステップS33のあと、DSP3は $P$ をインクリメントして2とし（ステップS34）、入力端子1から255番目～767番目までのデータが入力されて第1メモリ2Aに格納されるのを待つ（ステップS35）。ステップS35でYESになれば、これら255番目～767番目までのデータを用いてFFT処理を

実行し、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求め、第2メモリ2Bの第2記憶領域に格納するとともに、該第2記憶領域には、第1メモリ2Aの内、今回のFFT処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップS36）。図8（2）に示す如く、2回目のFFTの場合、 $C_1 = 384$ 、 $C_2 = 639$ とされる。

## 【0015】

ステップS36のあと、DSP3はkをインクリメントして1とし、Pをインクリメントして3とする（ステップS37）。そして、入力端子1から513番目～1024番目までのデータが入力されて第1メモリ2Aに格納されるのを待つ（ステップS32）。ステップS32でYESになれば、これら513番目～1024番目までのデータを用いてFFT処理を実行し、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求め、第2メモリ2Bの第3記憶領域に格納するとともに、該第3記憶領域には、第1メモリ2Aの内、今回のFFT処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップS33）。図8（3）に示す如く、3回目のFFTの場合、 $C_1 = 640$ 、 $C_2 = 895$ とされる。

以下、DSP3は同様の処理を繰り返し、入力データ列の内、一定期間分のデータを用いてFFT処理による周波数成分の分析を行い、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求める。

## 【0016】

上記したFFT処理の進行で図3、図4のメイン処理中、ステップS20でYESとなったとき、DSP3は $L_1$ と $L_2$ を比較し（図4のステップS21）、 $L_1 \geq L_2$ であれば、第1同一連続区間の内、第2同一値連続区間の直前の $L_2$ 個のデータの在る範囲を補間対象区間として決定する（ステップS22）。 $L_1 < L_2$ であれば第1同一値連続区間全体を補間対象区間として決定する（ステップS27）。

ここで、音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い

そこで、補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させようとすると、元のデジタルデータ列の有する周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに強調され過ぎるのを回避しながら、量子化ノイズを低減可能となる。ここで、「補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させる」とは、補間波形により追加される周波数成分の各スペクトル周波数が、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分による各スペクトル周波数の全部または一部となるべく重なるようにし、余計な周波数成分となるべく追加しないすることを意味し、より好ましくは、更に、補間波形により追加される周波数成分が、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分の内、或る周波数成分を強調し過ぎないようすることを意味する。

この実施の形態では、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合多く、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間以上あるときは、補間対象区間を、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前で、第2同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短いときは、補間対象区間を第1同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までは単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないよ

うにしながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

## 【0017】

加えて、この実施の形態では、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理を実行している。

例えば、補間対象区間の時間長さをTとすると、補間波形により周波数  $f = 1/2T$  の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数  $f = 1/2T$  の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

## 【0018】

図9(2)の場合、ステップS21でYESとなるので、DSP3はステップS22の処理をしたあと、第2メモリ2Bの内、アドレス  $E_1$  をFFTによる周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲  $C_1 \sim C_2$  に含む記憶領域（ここでは第1記憶領域）に記憶された周波数別の振幅値、スペクトルの相対長さを参照して、補間対象区間の時間長さをTとして、 $1/2T = f_s/2L_2$  の周波数の振幅値を  $q_a$ 、スペクトルの相対長さを  $r_a$ 、振幅値が最大となっている周波数  $f_{max}$  の振幅値を  $q_{max}$ 、スペクトルの相対長さを  $r_{max}$  とする（ステップS23。図2参照）。そして、 $r_a/r_{max}$  が所定の基準値  $C_0$  以上の大きさが有る

かチェックする（ステップS24）。 $r_a / r_{max} \geq C_0$  でないときはノイズによる誤差の影響が大きくなり、正確な補間ができないので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようとする。ステップS24でYESとなったときは、今回の補間対象区間について、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に値が変化するような補間関数に従い、第1メモリ2Aの上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する（ステップS25）。

この補間処理では、補間前のデジタルデータ列に対する第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間でのFFTによる周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に補間波形を定める補間関数を変化させるが、ここでは一例として、 $r_a$  の $R_M$  に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に補間関数を変化させる。

#### 【0019】

具体的には、正規化した第1の関数 $F_1(x)$ として、

$$F_1(x) = (1/2) - (1/2) \cdot \cos(x\pi/2)$$

但し、 $x$ の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく。 $F_1(x)$ を図示すると、図11(1)の如くなり、 $x = 0 \sim 2$  の範囲で $F_1(x)$ は0から1まで正弦波状に単調に増大変化する。

更に、正規化した第2の関数 $F_2(x)$ として、

$r_a \neq R_M$  のとき

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (r_a / R_M)\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

$r_a = R_M$  のとき

$$F_2(x) = 1$$

但し、 $x$ の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく。 $F_2(x)$ を図示すると、図11(2)の如くなり、 $x = 0 \sim 2$  の範囲で $F_2(x)$ は最小値 $= 1 - \{1 - (r_a / R_M)\}$ 、最大値 $= 1$ の範囲で橙円曲線に沿って変化するか（ $r_a \neq R_M$  のとき）、または $x = 0 \sim 2$ の範囲で一定値1をとる（ $r_a = R_M$  のとき）。

$G(x)$ を、

$$G(x) = F_1(x) \cdot F_2(x)$$

但し、 $x$ の定義域0~2

により定め、 $r_a$ の $R_M$ に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に変化する補間関数 $Y(S_1 + j)$ を、次式で定義する（ $j$ は離散変数。 $S_1 + j$ は第1メモリ2Aのアドレスを指す）。

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j/L_2)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

DSP3はステップS21でYES、ステップS24でYESとなると、第1メモリ2Aのアドレス $(S_1 + j)$ のデータ $D(S_1 + j)$ を、 $Y(S_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップS25）。図10(1)では、D(3)、D(4)、D(5)が置き換えられる。

#### 【0020】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$ となる。すると、補間対象区間は周波数が $f_s/2L_2$ の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される（図10(1)の補間曲線Aと補間データ $D_{3,1}, D_{4,1}, D_{5,1}$ 参照）。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$ であれば、元のデジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s/2L_2$ の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が $f_s/2L_2$ の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M/2$ であったとき、補間対象区間は周波数が $f_s/2L_2$ の正弦波波形を、元の第1同一値連続区間、第2同一値連続区間の形状に近づける方向に少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される（図10(1)の補間曲線Bと補間データ $D_{3,2}, D_{4,2}, D_{5,2}$ 参照）。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力デジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s/2L_2$ の周波数成分は大きくなかったので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

#### 【0021】

ステップS25のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2, E_1 \leftarrow E_2, Y_1 \leftarrow Y_2, L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ス

ステップS26)、図3のステップS15に戻る。ステップS15では、DSP3は第1メモリ2Aを参照して第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする存在しなければ第1メモリ2Aを参照して入力ディジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し(ステップS16、S17)、見つかればステップS13に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図10(2)に示す如く、アドレス $S_1 = 6$ から $E_1 = 9$ までの第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする(ステップS18)。最新の入力データが当該他の同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該他の同一値連続区間の直後に、等該他の同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは、当該他の同一値連続区間の最後尾が確定していると判断し(図10(2)参照)、当該他の同一値連続区間を第2同一値連続区間とし、先頭アドレスを $S_2$ 、最後尾アドレスを $E_2$ 、データ値を $Y_2$ 、データ数を $L_2$ として記憶する(ステップS19)。図10(2)の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$ となる。

#### 【0022】

次に、DSP3は第1同一値連続区間の最後尾アドレス $E_1 = 9$ を、FFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含むFFTが完了しているかチェックし、ここではYESであるとすると、図4のステップS21に進む。ステップS21ではDSP3は $L_1$ と $L_2$ を比較し、今度は $L_1 < L_2$ なので、第1同一連続区間全てを補間対象区間として決定する(ステップS27)。入力ディジタルデータ列中では、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間も周期的に出現することが多く、 $L_1 < L_2$ の場合に、補間対象区間を第1同一値連続区間と同じ時間長さとすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のディジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のディジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有して

いる周波数成分から見て、或る周波数成分が強調され過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

## 【0023】

第2メモリ2Bの内、アドレス $E_1$ をFFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む第1記憶領域に記憶された周波数別の振幅値を参照して、 $f_s / 2L_1$ の周波数成分の振幅値を $q_a$ 、スペクトルの相対長さを $r_a$ 、振幅値が最大となっている周波数 $f_{max}$ の成分の振幅値を $q_{max}$ 、スペクトルの相対長さを $r_a$ とする（ステップS28）。

そして、 $r_a / r_{max}$ が所定の基準値 $C_0$ 以上の大きさが在るかチェックする（ステップS29）。 $r_a / r_{max} \geq C_0$ でないときは、ノイズによる誤差の影響が大きくなるので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようとする。ステップS29でYESとなったときは、今回の補間対象区間について、補間前のデジタルデータ列に対する補間対象区間近傍でのFFTによる周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に変化させた補間関数に従い、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に変化するように、第1メモリ2Aの上で補間対象区間の途中のデジタルデータの値を置き換えて補間処理する（ステップS30）。

## 【0024】

具体的には、DSP3はステップS21でNO、S29でYESとなると、補間関数 $Y(S_1 + j)$ を（ $j$ は離散変数）、

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j/L_1)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$

として、第1メモリ2Aのアドレス $(S_1 + j)$ のデータ $D(S_1 + j)$ を、 $Y(S_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップS30）。図10(2)では、D(7)、D(8)、D(9)が置き換えられる。

## 【0025】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$

)となる。すると、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2 L_1$  の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される(図10(2)の補間曲線Cと補間データ  $D_{7,1}$ 、  $D_{8,1}$ 、  $D_{9,1}$  参照)。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$  であれば、入力ディジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2 L_1$  の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が  $f_s / 2 L_1$  の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$  であったとき、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2 L_1$  の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される(図10(2)の補間曲線Dと補間データ  $D_{7,2}$ 、  $D_{8,2}$ 、  $D_{9,2}$  参照)。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力ディジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2 L_1$  の周波数成分は大きくなかったので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

#### 【0026】

ステップS30のあと、DSP3は  $S_1 \leftarrow S_2$ 、  $E_1 \leftarrow E_2$ 、  $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、  $L_1 \leftarrow L_2$  として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし(ステップS26)、図3のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長 =  $n'$  ビットのディジタルデータ列  $D_0$ 、  $D_1$ 、  $D_2$ 、  $\dots$  は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1 / f_s$  の周期で逐次読み出され、ディジタルデータ列  $G_0$ 、  $D_1$ 、  $D_2$ 、  $\dots$  として出力される。

#### 【0027】

この実施の形態によれば、ディジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前で、第2同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第1同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化

する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有していた周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避しながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

### 【0028】

加えて、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有していた周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理もできる。

具体的には、補間対象区間の時間長さをTとすると、補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じるときは、周波数 $f = 1/2T$ を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることができる。

この結果、例えば、入力デジタルデータ列が図12(1)の如きであったとき、本実施の形態の補間装置の出力は図12(2)の如くなり、量子化ノイズが大幅に低減されていることが判る。また、入力デジタルデータ列が図20(1)の如きであった場合、本実施の形態の補間装置の出力は図13の如くなり、従

来の可変ローパスフィルタを用いた場合と比べて（図24（2）参照）、量子化ノイズを抑えられることが判る。

### 【0029】

なお、上記した実施の形態では第1同一値連続区間と第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間に、第2同一値連続区間と同じ長さの補間対象区間を設定するようにしたが、反対に、第2同一値連続区間に、第1同一値連続区間と同じ長さの補間対象区間を設定するようにしても良い。具体的には、DSP3は図3～図7のフローチャートの内、図3と図4のメイン処理をそれぞれ図14と図15に代えて行うようにすれば良い。

図14と図15の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列 $d_0, d_1, \dots$ は図9、図10の場合と同一とする。図3のステップS10～S19と全く同様にして、第1メモリ12Aのアドレス1～5のデータ $D_1 \sim D_5$ を第1同一値連続区間、アドレス6～9を第2同一値連続区間として探索したあと（図14のステップS10～S19。図9参照）、第2同一値連続区間の先頭アドレス $S_2$ を、FFT結果の利用可能対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含むようなFFTが完了しているかチェックする（ステップS20'）。

### 【0030】

ステップS20'でYESとなったとき、DSP3は $L_1$ と $L_2$ を比較し（図15のステップS21）、 $L_2 \geq L_1$ であれば、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後の $L_2$ 個の範囲を補間対象区間として決定し（ステップS22'）、反対に $L_2 < L_1$ であれば、第2同一連続区間全てを補間対象区間として決定する（ステップS27'）。

ここで、音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにすると、元のデジタルデータ列の有する周波数成分から見て、或

る周波数成分がとくに強調され過ぎるのを回避しながら、量子化ノイズを低減可能となる。

この変形例では、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間以上あるときは、補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短いときは、補間対象区間を第2同一値連続区間全体とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないようしながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

### 【0031】

加えて、この実施の形態では、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分を強調し過ぎるそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理を実行している。

例えば、補間対象区間の時間長さをTとすると、補間波形により周波数  $f = 1$

$1/2T$  の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数  $f = 1/2T$  の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れが少ないとときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

具体的には、補間対象区間の時間長さを  $T$  とすると、補間波形により周波数  $f = 1/2T$  の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数  $f = 1/2T$  の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎるおそれがあるときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎるおそれがある強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

### 【0032】

図16(1)の場合、ステップS21'でNOとなるので、ステップS27'を経てステップS28'に進む。DSP3は第2メモリ2Bの内、アドレス  $S_2$  をFFTによる周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲  $C_1 \sim C_2$  に含む記憶領域（ここでは第1記憶領域）に記憶された周波数別の振幅値、スペクトルの相対長さを参照して、補間対象区間の時間長さを  $T$  として、 $1/2T = f_s / 2L_2$  の周波数の振幅値を  $q_a$ 、スペクトルの相対長さを  $r_a$ 、振幅値が最大となっている周波数  $f_{max}$  の振幅値を  $q_{max}$ 、スペクトルの相対長さを  $r_{max}$  とする（図2参照）。そして、 $r_a / r_{max}$  が所定の基準値  $C_0$  以上の大きさが有るかチェックする（ステップS29）。 $r_a / r_{max} \geq C_0$  でないとときはノイズによる誤差の影響が大きくなり、正確な補間ができないので、今回の補間対象区間にについて補間処理はしないようにする。ステップS29でYESとなったときは

、今回の補間対象区間について、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に値が変化するような補間関数に従い、第1メモリ2Aの上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する（ステップS30'）。

この補間処理では、補間前のデジタルデータ列に対する第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間でのFFTによる周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に補間波形を定める補間関数を変化させるが、ここでは一例として、 $r_a$ の $R_M$ に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に補間関数を変化させる。

### 【0033】

具体的には、正規化した第1の関数 $F_1(x)$ として、

$$F_1(x) = (1/2) - (1/2) \cdot \cos(x\pi/2)$$

但し、 $x$ の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく（図11（1）参照）。

更に、正規化した第2の関数 $F_2(x)$ として、

$r_a \neq R_M$  のとき

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (r_a/R_M)\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

$r_a = R_M$  のとき

$$F_2(x) = 1$$

但し、 $x$ の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく（図11（2）参照）。

$G(x)$ を、

$$G(x) = F_1(x) \cdot F_2(x)$$

但し、 $x$ の定義域 $0 \sim 2$

により定め、 $r_a$ の $R_M$ に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に変化する補間関数 $Y(E_1 + j)$ を、次式で定義する（ $j$ は離散変数、 $E_1 + j$ は第1メモリ2Aのアドレスを指す）。

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j/L_2)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

DSP3はステップS21'でNO、ステップS29でYESとなると、第1

メモリ2Aのアドレス ( $E_1 + j$ ) のデータ  $D (E_1 + j)$  を、  $Y (E_1 + j)$  で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップS30'）。図16（1）では、  $D (6)$  、  $D (7)$  、  $D (8)$  が置き換えられる。

## 【0034】

例えば  $r_a = R_M$  であったとき、  $F_2 (x) = 1$  なので、  $G (x) = F_1 (x)$  となる。すると、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2L_2$  の正弦波波形で、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に増加するように補間される（図16（1）の補間曲線A' と補間データ  $D_{6,1}$  、  $D_{7,1}$  、  $D_{8,1}$  参照）。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$  であれば、入力ディジタルデータ列の内、第2同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、  $f_s / 2L_2$  の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が  $f_s / 2L_2$  の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、  $r_a = R_M / 2$  であったとき、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2L_2$  の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される（図16（1）の補間曲線B' と補間データ  $D_{6,2}$  、  $D_{7,2}$  、  $D_{8,2}$  参照）。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力ディジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、  $f_s / 2L_2$  の周波数成分は大きくなかったので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

## 【0035】

ステップS30' のあと、DSP3は  $S_1 \leftarrow S_2$  、  $E_1 \leftarrow E_2$  、  $Y_1 \leftarrow Y_2$  、  $L_1 \leftarrow L_2$  として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ステップS26）、図314のステップS15に戻る。ステップS15では、DSP3は第1メモリ2Aを参照して第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする存在しなければ第1メモリ2Aを参照して入力ディジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し（ステップS16、S17）、見つかればステップS13に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図16(2)に示す如く、アドレス  $S_1 = 6$  から  $E_1 = 9$  までの第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする(ステップS18)。最新の入力データが当該他の同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該他の同一値連続区間の直後に、等該他の同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは、当該他の同一値連続区間の最後尾が確定していると判断し(図16(2)参照)、当該他の同一値連続区間を第2同一値連続区間とし、先頭アドレスを  $S_2$ 、最後尾アドレスを  $E_2$ 、データ値を  $Y_2$ 、データ数を  $L_2$  として記憶する(ステップS19)。図16(2)の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$  となる。

#### 【0036】

次に、DSP3は第2同一値連続区間の先頭アドレス  $S_2 = 10$  をFFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲  $C_1 \sim C_2$  に含むFFTが完了しているかチェックし(図14のステップS20')、ここではYESであるとすると、図15のステップS21に進む。ステップS21ではDSP3は  $L_1$  と  $L_2$  を比較し、ここでは  $L_2 \geq L_1$  なのでステップS22'に進み、第1同一値連続区間の直後に続く  $L_1$  個の範囲を補間対象区間として決定する。

補間対象区間を第1同一値連続区間と同じ時間長さとすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避し、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

#### 【0037】

第2メモリ2Bの内、アドレス  $S_2$  をFFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲  $C_1 \sim C_2$  に含む第1記憶領域に記憶された周波数別の振幅値を参照して、 $f_s / 2L_1$  の周波数成分の振幅値を  $q_a$ 、スペクトルの相

対長さを  $r_a$  、振幅値が最大となっている周波数  $f_{max}$  の成分の振幅値を  $q_{max}$  、スペクトルの相対長さを  $r_a$  とする（ステップS23'）。そして、 $r_a / r_{max}$  が所定の基準値  $C_0$  以上の大さが在るかチェックする（ステップS24）。 $r_a / r_{max} \geq C_0$  でないときは、ノイズによる誤差の影響が大きくなるので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようとする。ステップS24でYESとなったときは、今回の補間対象区間について、補間前のデジタルデータ列に対する補間対象区間近傍でのFFTによる周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に変化させた補間関数に従い、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に変化するように、第1メモリ2Aの上で補間対象区間の途中のデジタルデータの値を置き換えて補間処理する（ステップS25'）。

#### 【0038】

具体的には、DSP3はステップS21'でYES、S24でYESとなると、補間関数  $Y(E_1 + j)$  を（ $j$  は離散変数。  $E_1 + j$  は第1メモリ2Aのアドレスを指す）、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j / L_1)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$

として、第1メモリ2Aのアドレス  $(E_1 + j)$  のデータ  $D(E_1 + j)$  を、 $Y(E_1 + j)$  で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップS25'）。図16(2)では、 $D(10), D(11), D(12)$  が置き換えられる。

#### 【0039】

例えば  $r_a = R_M$  であったとき、 $F_2(x) = 1$  なので、 $G(x) = F_1(x)$  となる。すると、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2L_1$  の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される（図16(2)の補間曲線C' と補間データ  $D_{10,1}, D_{11,1}, D_{12,1}$  参照）。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$  であれば、入力デジタルデータ列の内、第2同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2L_1$  の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を

周波数が  $f_s / 2 L_1$  の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$  であったとき、補間対象区間は周波数が  $f_s / 2 L_1$  の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される（図16（2）の補間曲線  $D'$  と補間データ  $D_{11,2}, D_{12,2}, D_{13,2}$  参照）。このとき、量子化ノイズの低減は小さくなるが、入力ディジタルデータ列の内、第2同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2 L_1$  の周波数成分は大きくなかったので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

#### 【0040】

ステップS25'のあと、DSP3は  $S_1 \leftarrow S_2, E_1 \leftarrow E_2, Y_1 \leftarrow Y_2, L_1 \leftarrow L_2$  として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ステップS26）、図14のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長 =  $n'$  ビットのディジタルデータ列  $D_0, D_1, D_2, \dots$  は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$  の周期で逐次読み出され、ディジタルデータ列  $G_0, D_1, D_2, \dots$  として出力される。

#### 【0041】

この変形例によれば、ディジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第2同一値連続区間全体とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のディジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のディジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも

、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

#### 【0042】

加えて、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、補間前のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるおそれがないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分を強調し過ぎるおそれがあるときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理ができる。

具体的には、補間対象区間の時間長さをTとすると、補間波形により周波数  $f = 1/2T$  の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数  $f = 1/2T$  の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れがないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数  $f = 1/2T$  の成分を強調し過ぎる恐れがあるときは、周波数  $f = 1/2T$  の成分が目立たない範囲で量子化ノイズの低減をすることができる。

#### 【0043】

なお、図4、図15のステップS25、S25'、S30、S30'において  
、 $F_2(x)$  は次式に代えても良い。

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (r_a / r_{\max})\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

(但し、 $r_a \neq r_{\max}$  のとき)

$$F_2(x) = 1$$

(但し、 $r_a = r_{\max}$  のとき)

或いは、

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (q_a / q_{\max})\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

(但し、 $q_a \neq q_{\max}$  のとき)

$$F_2(x) = 1$$

(但し、 $q_a = q_{\max}$  のとき)

更に、図4、図15のステップS24、S29は、

$r_a / r_{\max}$  が  $C_0$  以上か判断する代わりに、 $q_a / q_{\max}$  が  $C_0$  (  $C_0$  は所定の基準値) 以上か判断するようにしても良い。

#### 【0044】

また、上記した実施の形態と変形例では、第1同一値連続区間または第2同一値連続区間中の補間対象区間を曲線補間するようにしたが、直線補間するようにしてもよい。

具体的には、第1同一値連続区間に補間対象区間を取って直線補間する場合、DSP3は図3～図7のフローチャートの内、図3と図4のメイン処理をそれぞれ図17と図18に代えて行うようにすれば良い。

図17と図18の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列  $d_0, d_1, \dots$  は図9、図10の場合と同一とする。図3のステップS10～S19と全く同様にして、第1メモリ12Aのアドレス1～5のデータ  $D_1 \sim D_5$  を第1同一値連続区間、アドレス6～9を第2同一値連続区間とする(図17のステップS10～S19。図19(1)参照)。

#### 【0045】

次に、DSP3は  $L_1$  と  $L_2$  を比較し(図18のステップS21)、 $L_1 \geq L_2$  であれば、第1同一連続区間の内、第2同一連続区間の直前の  $L_2$  個のデータ範囲を補間対象区間として決定する(ステップS22)。 $L_1 < L_2$  であれば、第1同一連続区間全体を補間対象区間として決定する(ステップS27)。

ここで、音楽等、多くのソースの信号波形は周期性を有しており、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多々、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、

第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前の $L_2$ 個のデータ範囲とし、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第1同一値連続区間全体とすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後の或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、元のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎることなく量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

#### 【0046】

図19(1)ではステップS21でYESとなるので、DSP3はステップS22の処理をしたあと、今回の補間対象区間について、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第1メモリ2Aの上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する(ステップS60)。

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス( $S_1 + j$ )と補間後の各データの値Yとの関係を示す補間関数Y( $S_1 + j$ )を(jは離散変数。 $S_1 + j$ は第1メモリ2Aのアドレスを指す)、

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + \{ (Y_2 - Y_1) / L_2 \} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス3、4、5のデータ $D_3$ 、 $D_4$ 、 $D_5$ について、

$$D(S_1 + j) \leftarrow Y(S_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う(図19(1)の補間直線Eと $D_3$ 、 $D_4$ 、 $D_5$ 参照)。

#### 【0047】

ステップS60のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし(ステップS26)、図17のステップS15に戻る。ステップS15では、DSP

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス ( $S_1 + j$ ) と補間後の各データの値Yとの関係を示す補間関数Y ( $S_1 + j$ ) を (jは離散変数。 $S_1 + j$  は第1メモリ2Aのアドレスを指す)、

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + \{(Y_2 - Y_1) / L_1\} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス7、8、9のデータ $D_7$ 、 $D_8$ 、 $D_9$ について、

$$D(S_1 + 1) \leftarrow Y(S_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う (図19(2)の補間直線Fと $D_7$ 、 $D_8$ 、 $D_9$ 参照)。

#### 【0050】

ステップS61のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし (ステップS26)、図17のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長 =  $n'$  ビットのデジタルデータ列 $D_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $\dots$ は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$  の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 $G_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $\dots$ として出力される。

#### 【0051】

図17、図18の変形例によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前で、第2同一値連続区間と同一長さの範囲を、第2同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第1同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までを結ぶように直線補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る所定

期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分が強調され過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

### 【0052】

なお、図17、図18の例では第1同一値連続区間に補間対象区間を設定して直線補間するようにしたが、第2同一値連続区間に補間対象区間を設定して直線補間するようにしてもよい。

具体的には、DSP3は図3～図7のフローチャートの内、図3と図4のメイン処理をそれぞれ図17と図20に代えて行うようにすれば良い。

図17と図20の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列  $d_0, d_1, \dots$  は図9、図10の場合と同一とする。図3のステップ S10～S19 と全く同様にして、第1メモリ12Aのアドレス1～5のデータ  $D_1 \sim D_5$  を第1同一値連続区間、アドレス6～9を第2同一値連続区間とする（図17のステップ S10～S19。図21（1）参照）。

### 【0053】

次に、DSP3は  $L_1$  と  $L_2$  を比較し（図20のステップ S21'）、 $L_2 \geq L_1$  であれば、第2同一連続区間の内、第1同一連続区間の直後の  $L_1$  個のデータ範囲を補間対象区間として決定する（ステップ S22'）。 $L_2 < L_1$  であれば、第2同一連続区間全体を補間対象区間として決定する（ステップ S27'）。

ここで、音楽等、多くのソースの信号波形は周期性を有しており、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、

第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直後の $L_1$ 個のデータ範囲とし、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第2同一値連続区間全体とすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後の或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、元のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎることなく量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

## 【0054】

図21(1)ではステップS21'でNOとなるので、DSP3はステップS27'の処理をしたあと、今回の補間対象区間について、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第1メモリ2Aの上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する(ステップS61')。

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス( $E_1 + j$ )と補間後の各データの値Yとの関係を示す補間関数Y( $E_1 + j$ )を(jは離散変数)、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + \{ (Y_2 - Y_1) / L_2 \} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス6、7、8のデータ $D_6$ 、 $D_7$ 、 $D_8$ について、

$$D(E_1 + 1) \leftarrow Y(E_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う(図21(1)の補間直線E' と  $D_6'$ 、 $D_7'$ 、 $D_8'$  参照)。

## 【0055】

ステップS61'のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし(ステップS26)、図17のステップS15に戻る。ステップS15では、DS

P3は第1メモリ2Aを参照して第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする。存在しなければ第1メモリ2Aを参照して入力デジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し（ステップS16、S17）、見つかればステップS13に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図21（2）に示す如く、アドレス  $S_1 = 6$  から  $E_1 = 9$  までの第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする（ステップS18）。YESであれば、当該他の同一値連続区間を第2同一値連続区間とし、先頭アドレスを  $S_2$ 、最後尾アドレスを  $E_2$ 、データ値を  $Y_2$ 、データ数を  $L_2$  として記憶する（ステップS19）。図21（2）の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$  となる。

#### 【0056】

次に、図20のステップS21'に進む。ステップS21'では  $L_1$  と  $L_2$  を比較し、 $L_2 \geq L_1$  であるので、第2同一連続区間の内、第1同一値連続区間の直後の  $L_1$  個のデータの在る範囲を補間対象区間として決定する（ステップS22'）。音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では、第2同一値連続区間の前後で、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間が周期的に出現することも多く、 $L_2 \geq L_1$  の場合に、補間対象区間を第1同一値連続区間と同じ時間長さとすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないようにしながら、量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

#### 【0057】

ステップS22'に続いて、今回の補間対象区間について、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第1メモリ2Aの上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換

えることで補間処理する（ステップS60'）。

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス（ $E_1 + j$ ）と補間後の各データの値Yとの関係を示す補間関数Y（ $E_1 + j$ ）を（jは離散変数）、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + \{ (Y_2 - Y_1) / L_1 \} \cdot j$$

$$\text{但し、 } j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス10、11、12のデータ $D_{10}$ 、 $D_{11}$ 、 $D_{12}$ について、

$$D(E_1 + 1) \leftarrow Y(E_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う（図21（2）の直線 $F'$ と $D_{10}'$ 、 $D_{11}'$ 、 $D_{12}'$ 参照）。

#### 【0058】

ステップS60'のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ステップS26）、図17のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長=n'ビットのデジタルデータ列 $D_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、…は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$ の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 $G_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、…として出力される。

#### 【0059】

図17、図20の変形例によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第2同一値連続区間が第1同一値連続区間以上の長さを有するときは、補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間が第1同一値連続区間より短いときは、第2同一値連続区間全体を補間対象区間とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までを結ぶように直線補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を

、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないことで、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

#### 【0060】

また、上記した実施の形態や各変形例では  $n = 8$ 、 $m = 4$  を例に挙げて説明したが、本発明は何らこれに限定されるものでなく、 $n = 16$ 、 $m = 4$  としたり、 $n = 20$ 、 $m = 6$  とするなど、他の値であっても同様に適用できるものである。また、入力端子には、 $d_0$ 、 $d_1$ 、 $d_2$ 、…を下位側に  $m$  ビット拡張済のデータ列  $d_0'$ 、 $d_1'$ 、 $d_2'$ 、…を入力させるようにし、DSPはこれらのデータをそのまま第1メモリに書き込むようにした場合にも同様に適用することができる。

また、入力データ列は圧縮音楽データを伸長したデジタルデータに限定されず、圧縮映像データや圧縮画像データを伸長したデジタルデータなど、他の種類であっても良い。

#### 【0061】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、量子化ノイズの大きなデータ列に対しても、群遅延特性を悪化させることなく量子化ノイズを効果的に抑制できる補間方法、補間装置が得られる。

##### 【図面の簡単な説明】

###### 【図1】

本発明一つの実施の形態に係る補間装置の構成を示すブロック図である。

###### 【図2】

図1中のDSP（デジタルシグナルプロセッサ）が行うFFT処理結果を示す周波数スペクトラムの線図である。

###### 【図3】

図1中のD S P (デジタルシグナルプロセッサ) のメイン処理を示すフローチャートである。

【図4】

図1中のD S Pのメイン処理を示すフローチャートである。

【図5】

図1中のD S PのF F T処理を示すフローチャートである。

【図6】

図1中のD S Pのデータ入力処理を示すフローチャートである。

【図7】

図1中のD S Pのデータ出力処理を示すフローチャートである。

【図8】

図1中のD S PのF F T動作の説明図である。

【図9】

図1中のD S Pの補間動作の説明図である。

【図10】

図1中のD S Pの補間動作の説明図である。

【図11】

補間関数を説明するための線図である。

【図12】

図1の補間装置による補間動作を示す線図である。

【図13】

図1の補間装置による補間動作を示す線図である。

【図14】

図1の変形例に係るD S Pのメイン処理を示すフローチャートである。

【図15】

図1の変形例に係るD S Pのメイン処理を示すフローチャートである。

【図16】

図1の変形例に係るD S Pの補間動作の説明図である。

【図17】

図1の他の変形例に係るDSPのメイン処理を示すフローチャートである。

【図18】

図1の他の変形例に係るDSPのメイン処理を示すフローチャートである。

【図19】

図1の他の変形例に係るDSPの補間動作の説明図である。

【図20】

図1の更に他の変形例に係るDSPのメイン処理を示すフローチャートである

【図21】

図1の更に他の変形例に係るDSPの補間動作の説明図である。

【図22】

従来の可変ローパスフィルタの周波数特性を示す線図である。

【図23】

従来の可変ローパスフィルタ式の補間動作を説明する線図である。

【図24】

従来の可変ローパスフィルタ式の補間動作を説明する線図である。

【符号の説明】

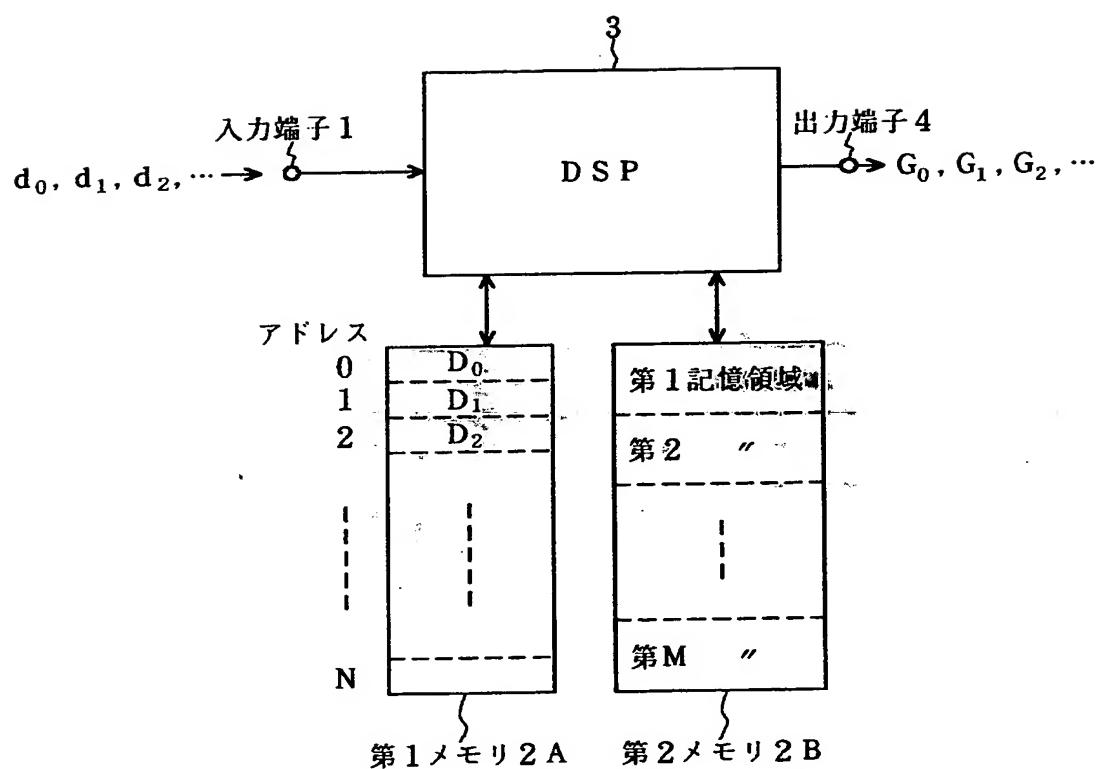
2A 第1メモリ

2B 第2メモリ

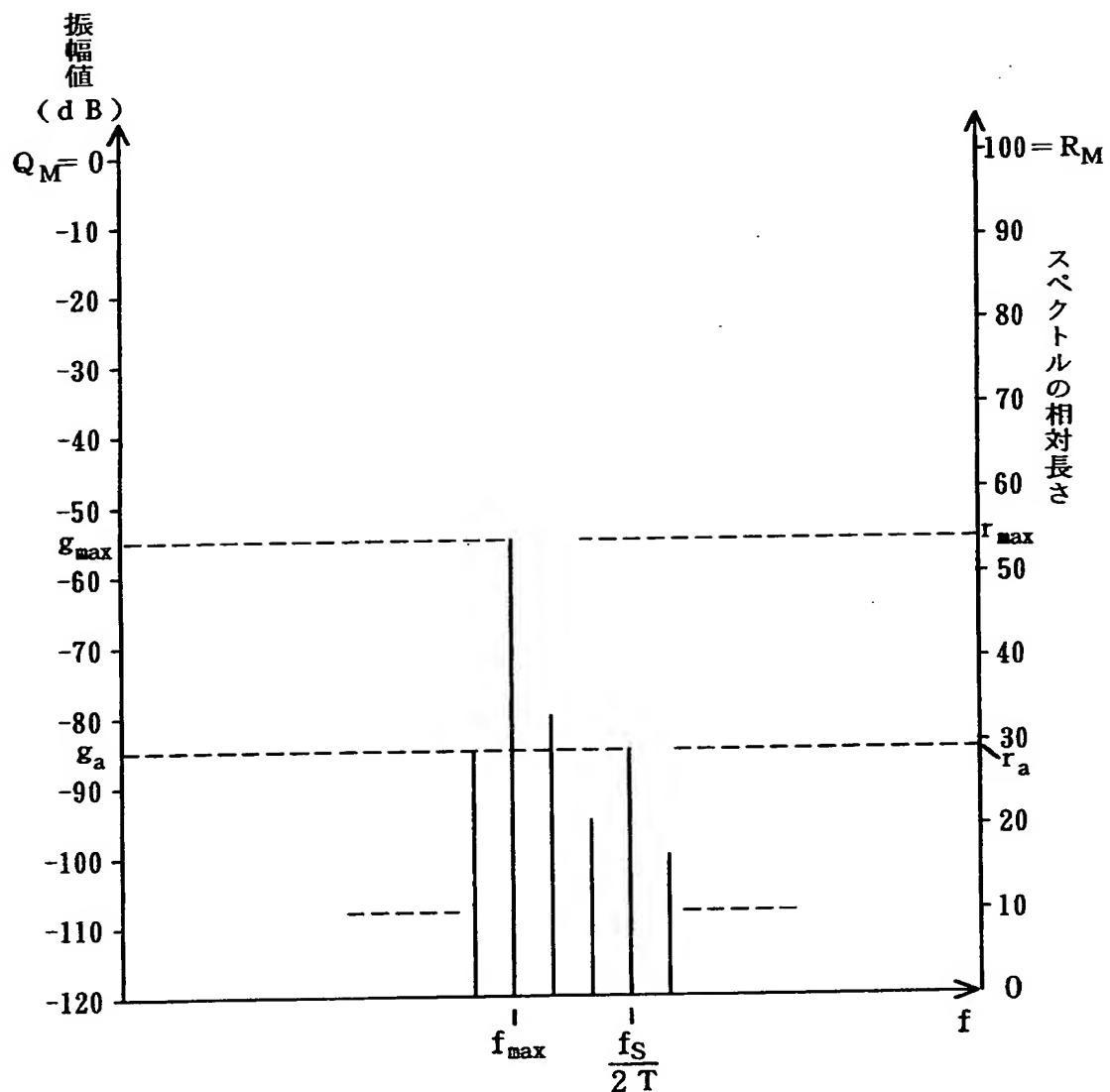
3 DSP (デジタルシグナルプロセッサ)

【書類名】 図面

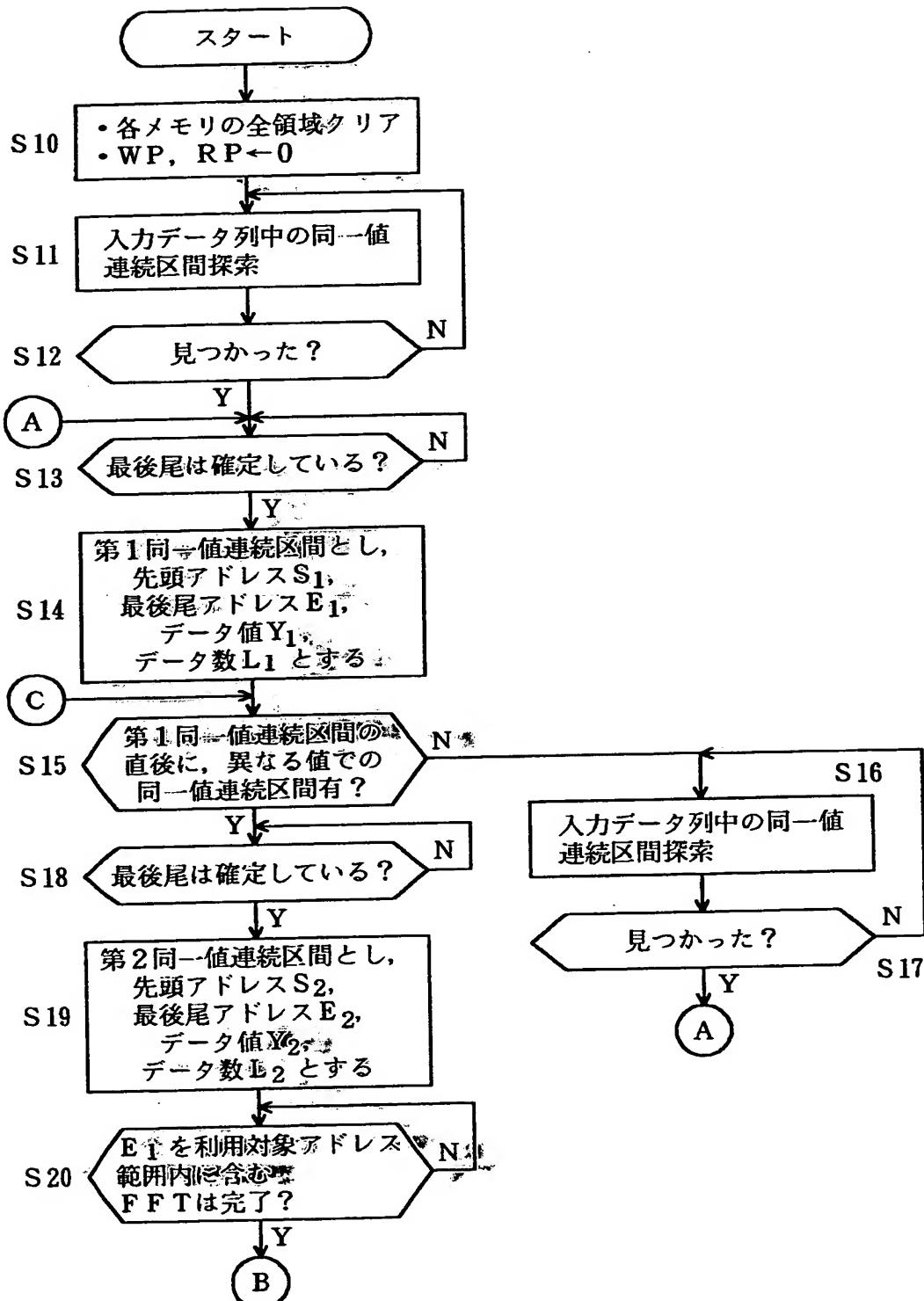
【図1】



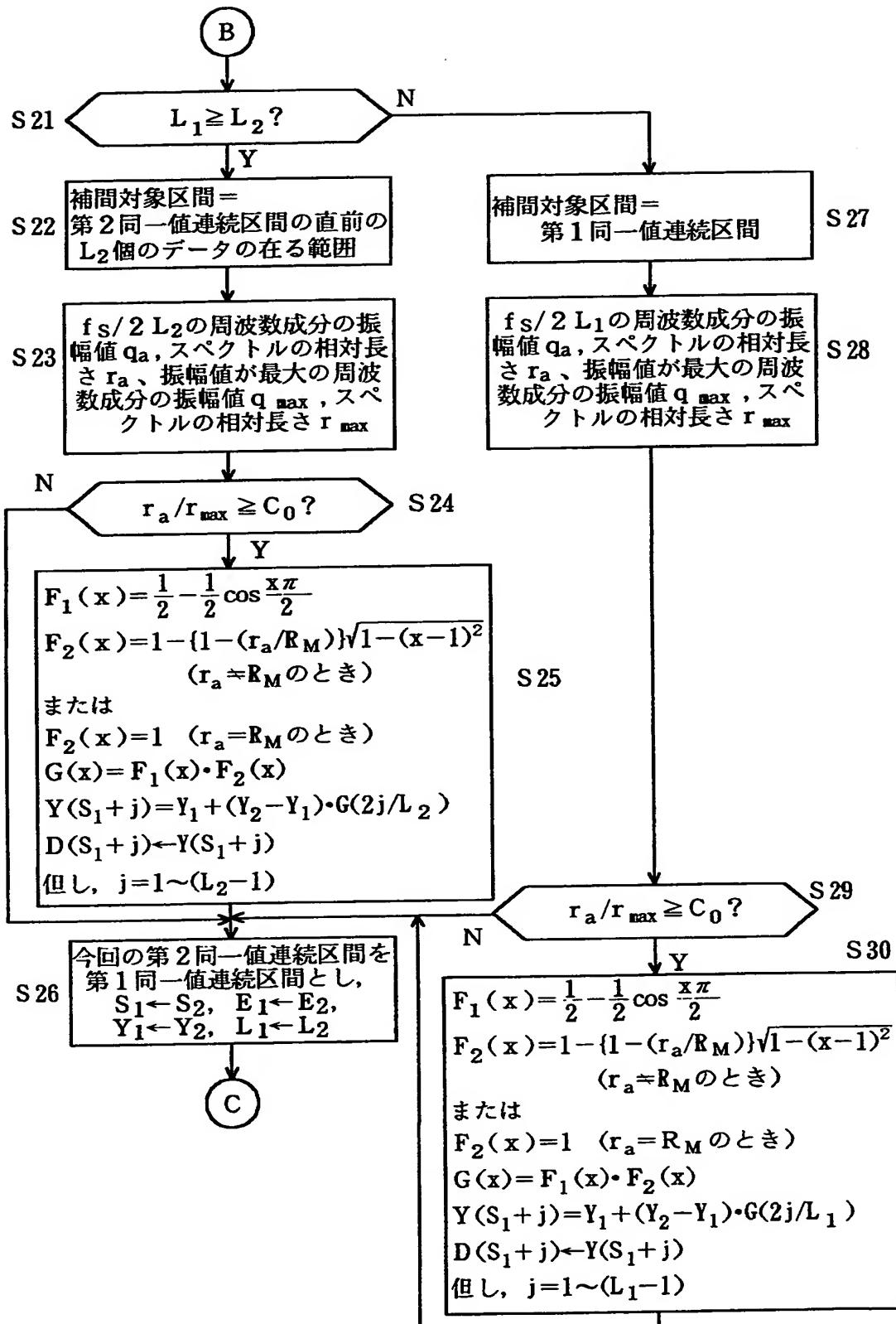
【図2】



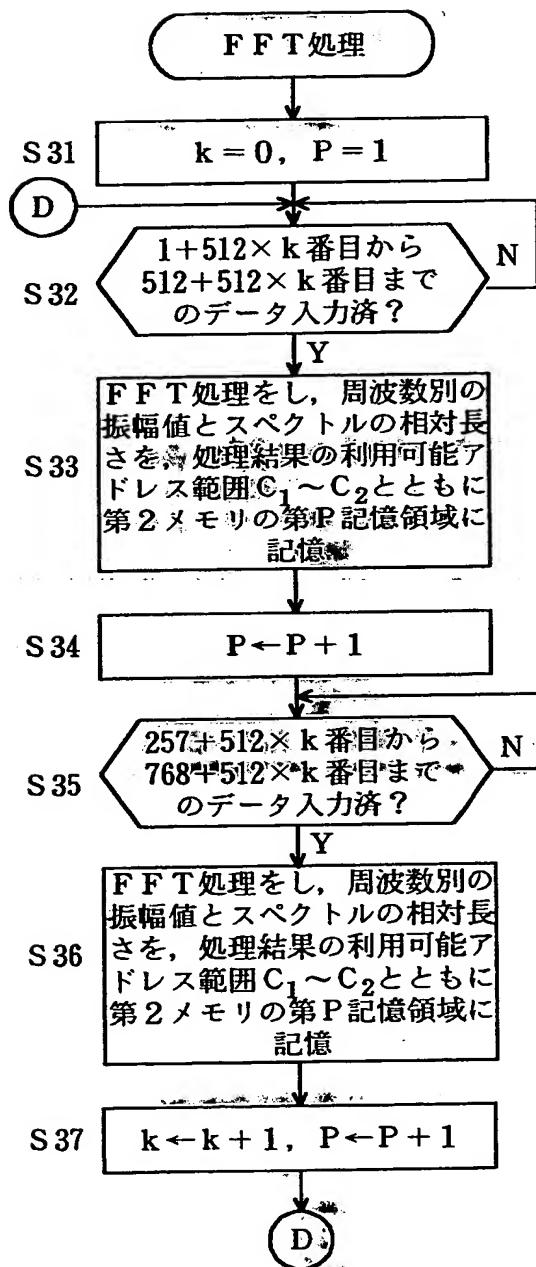
【図3】



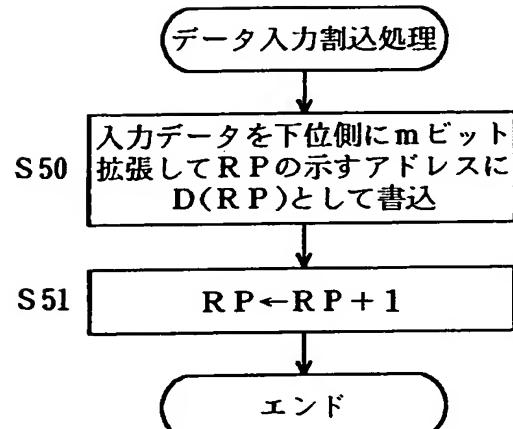
【図4】



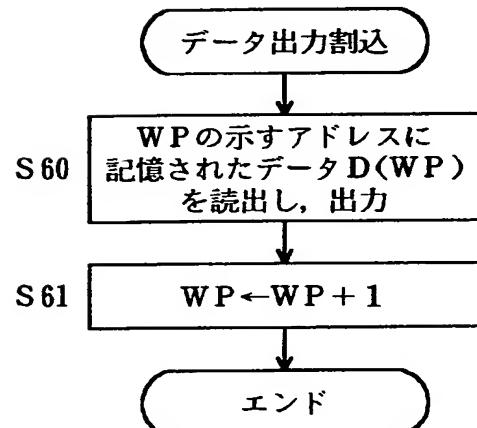
【図5】



【図6】

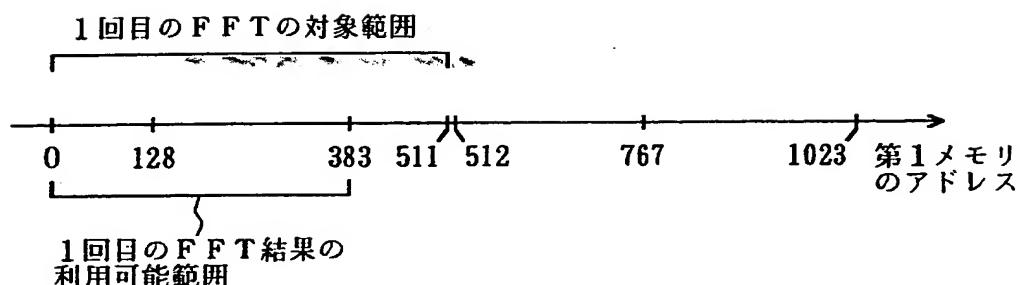


【図7】

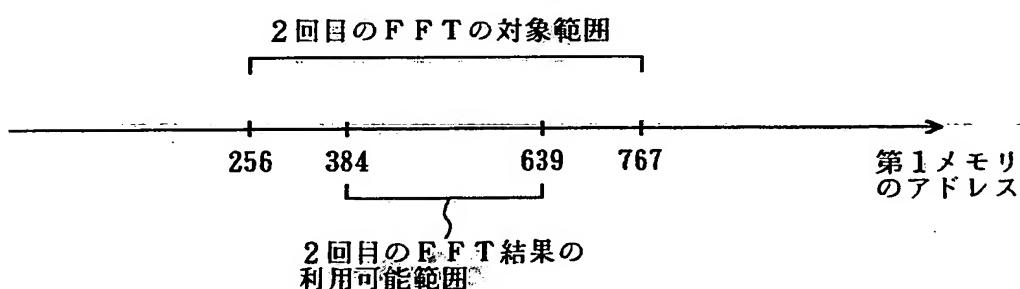


【図8】

(1)



(2)

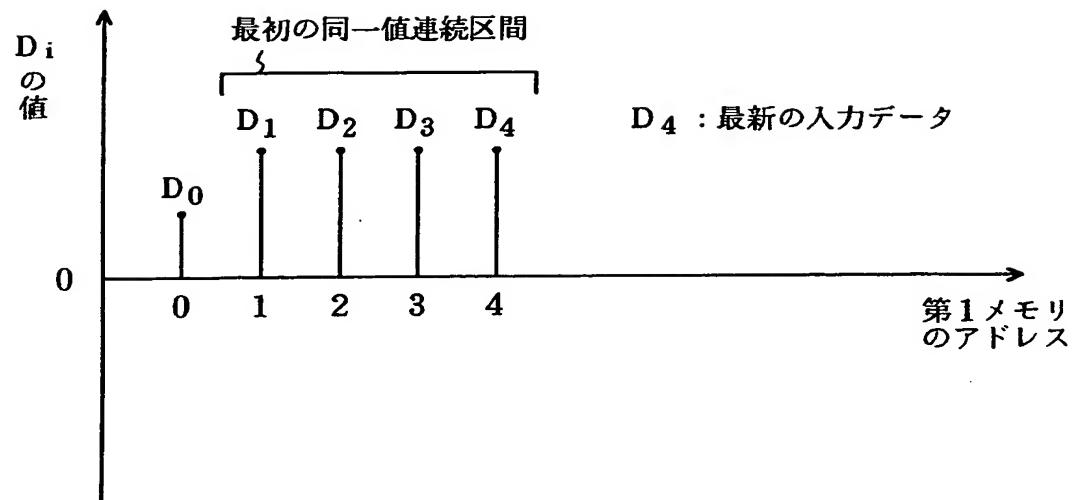


(3)

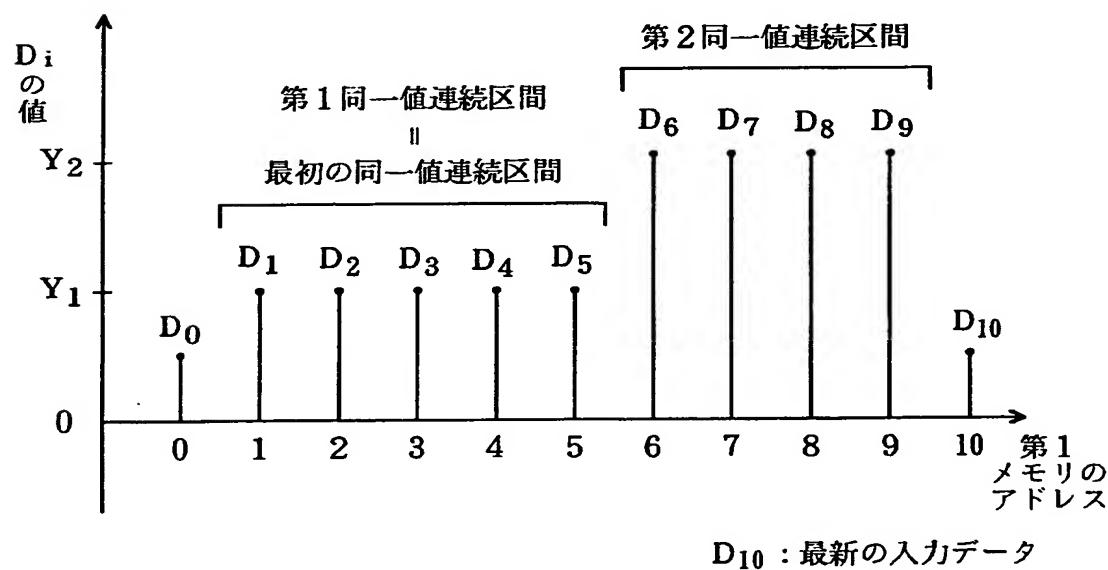


【図9】

(1)

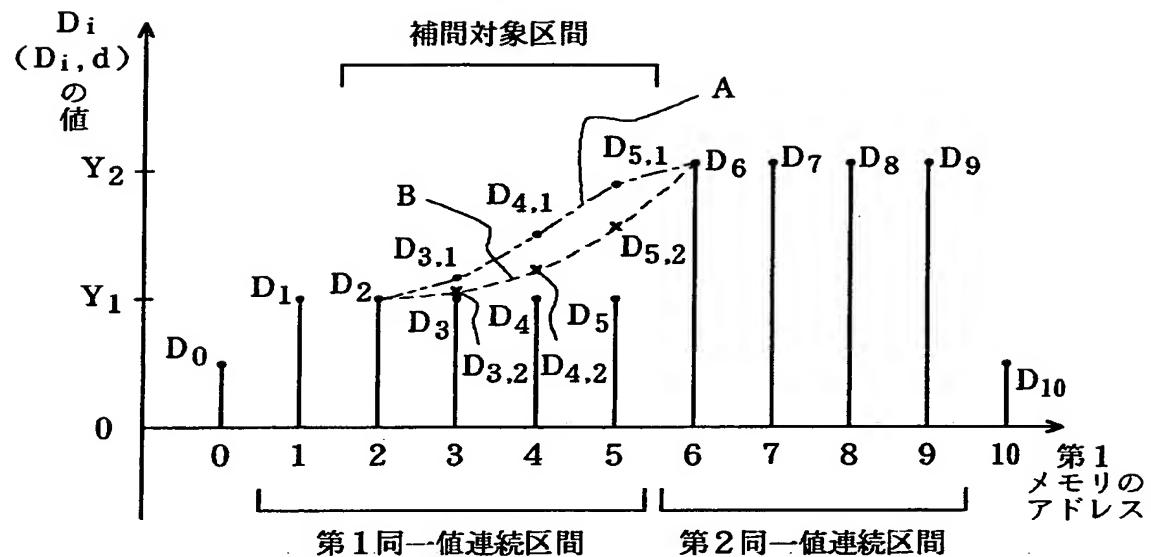


(2)

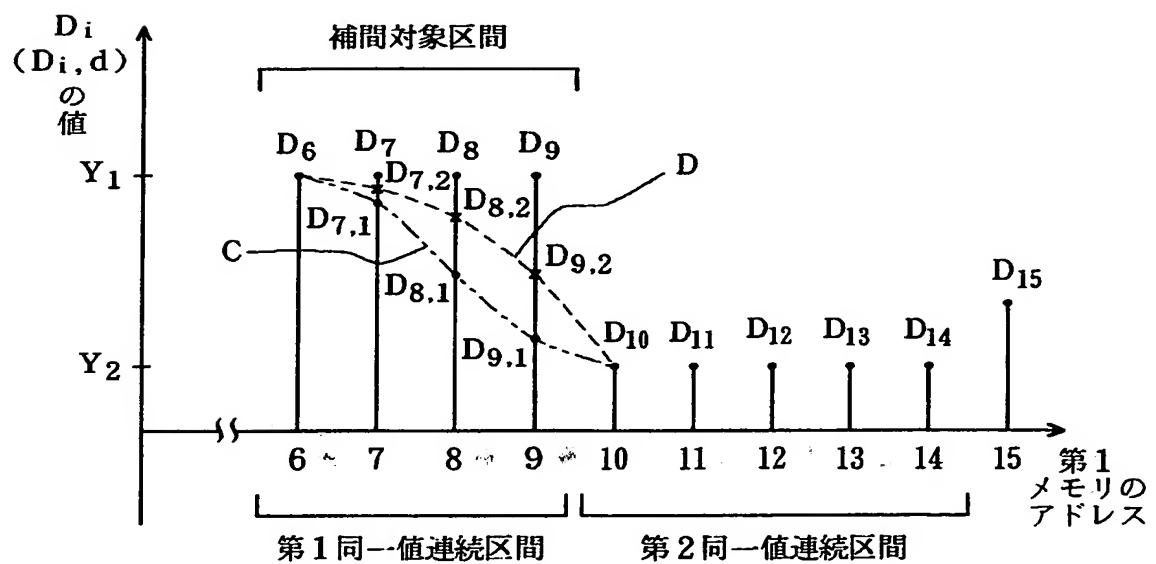


【図10】

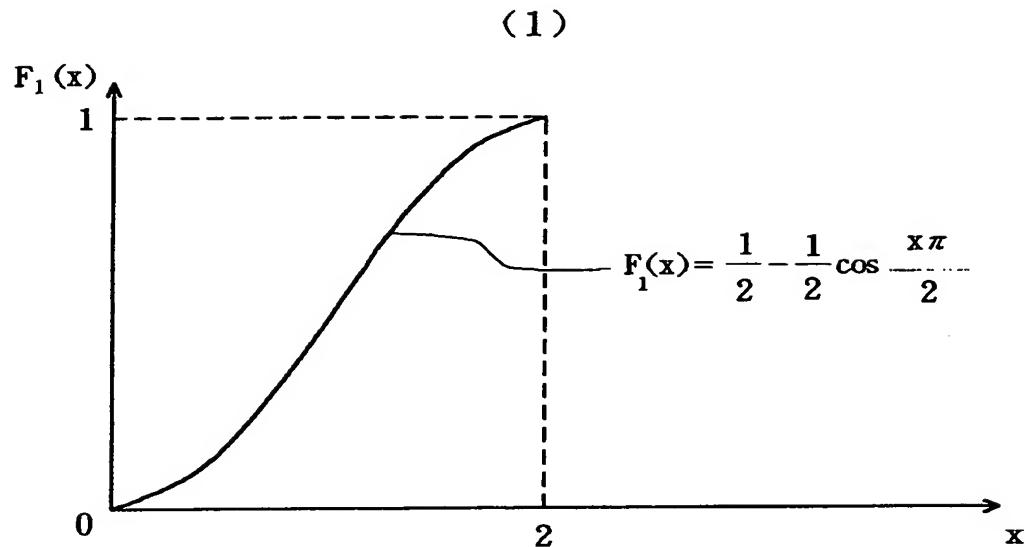
(1)



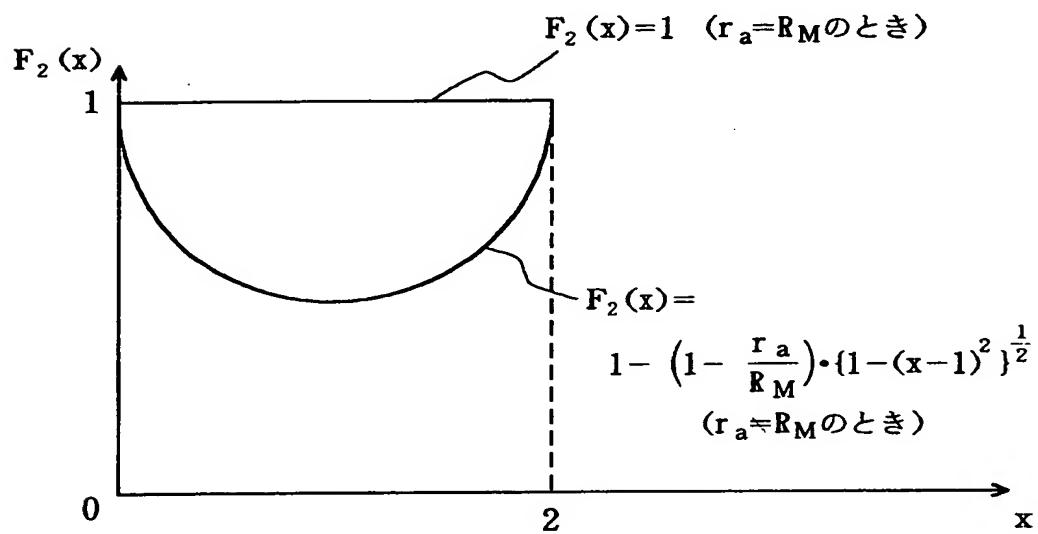
(2)



【図 1 1】

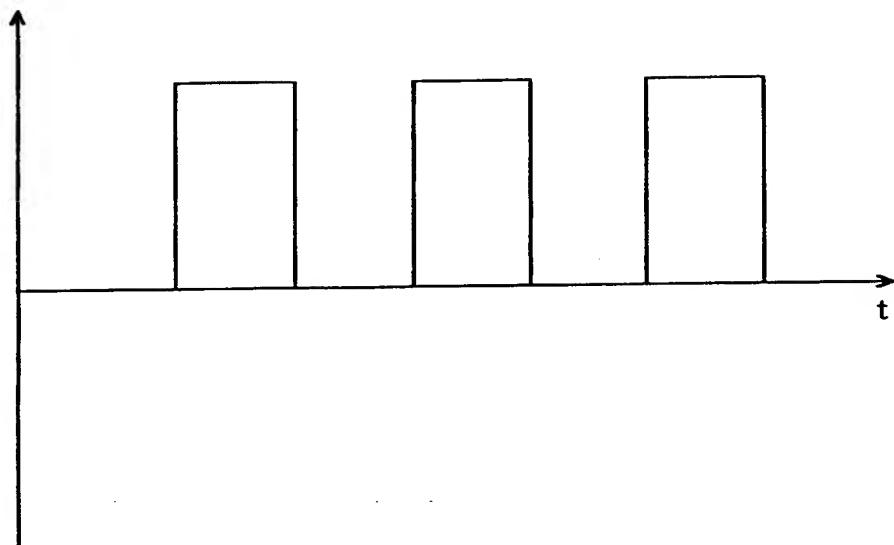


(2)

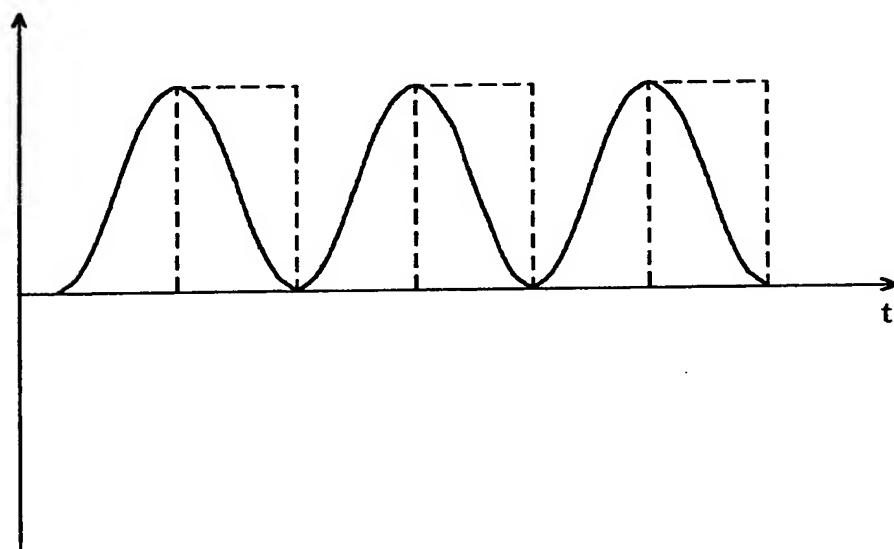


【図12】

(1)

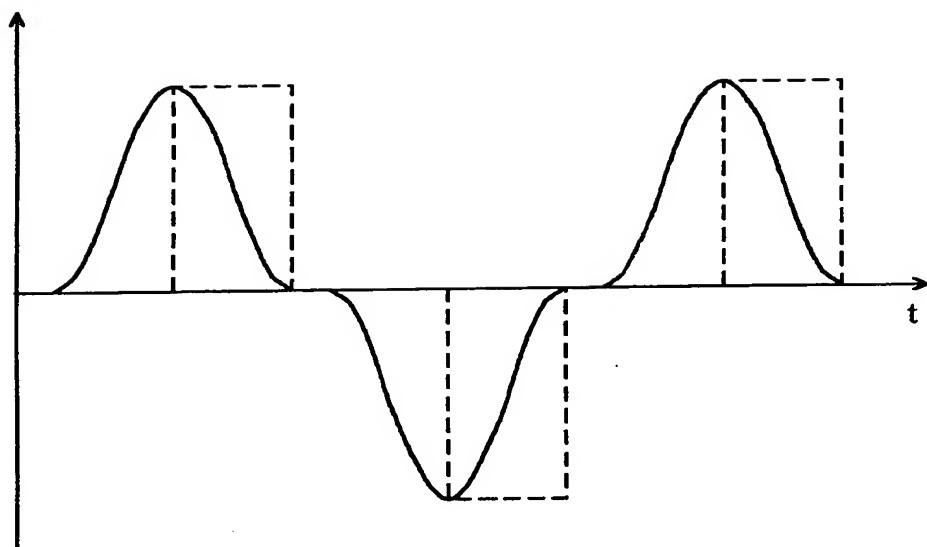


(2)

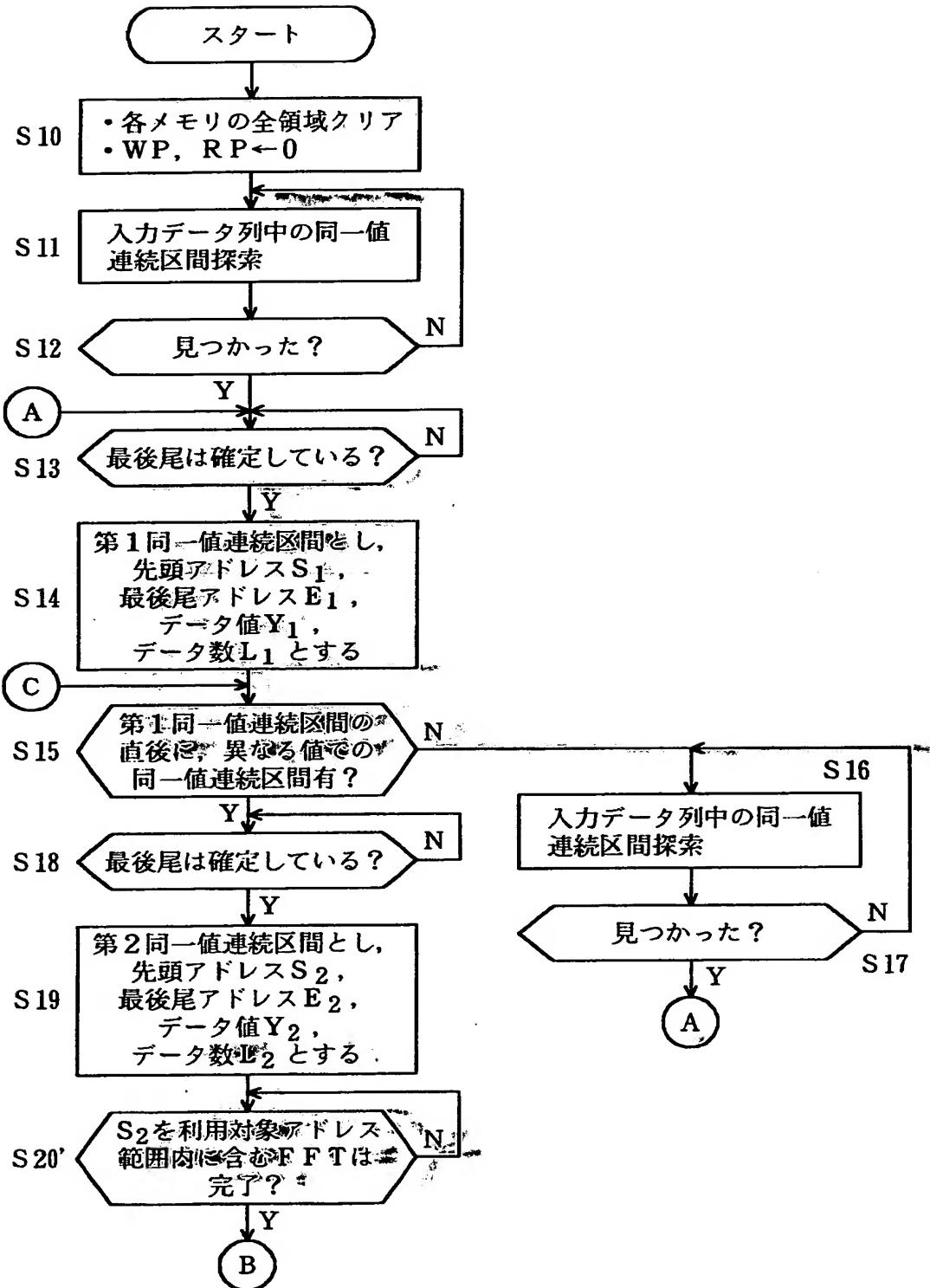


特平11-288129

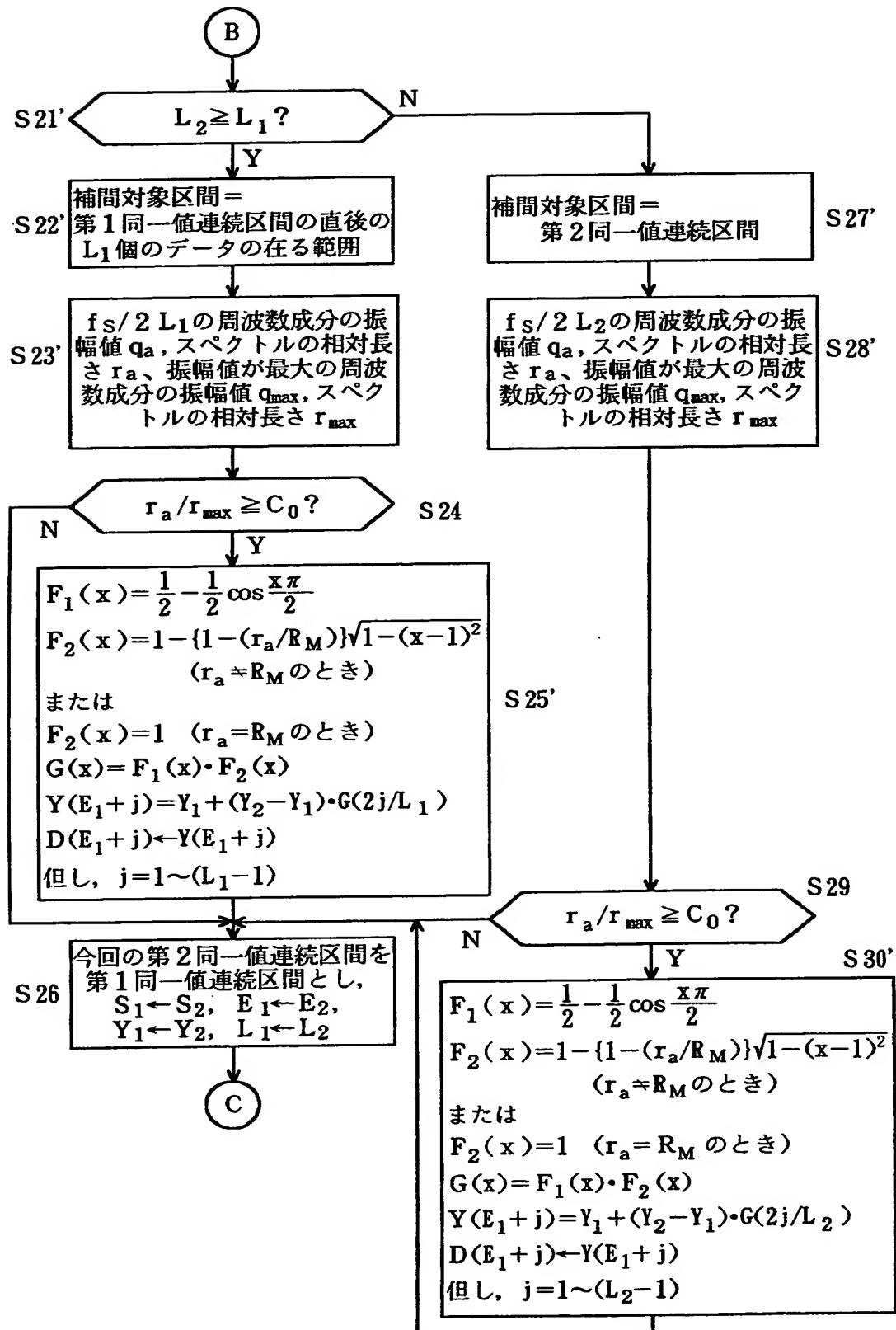
【図13】



【図14】

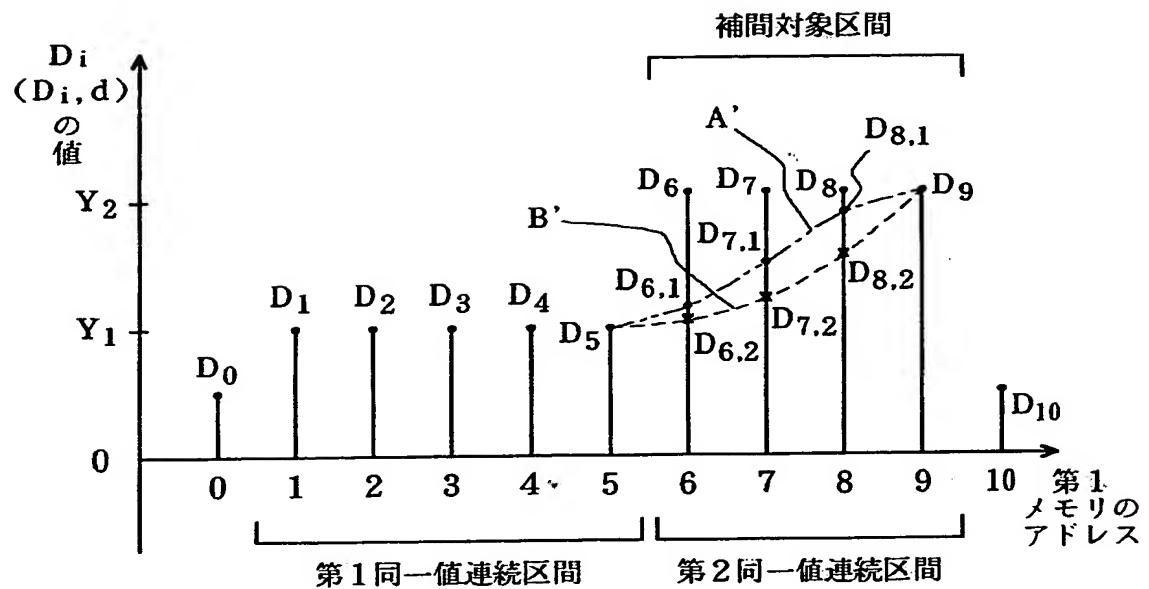


【図15】

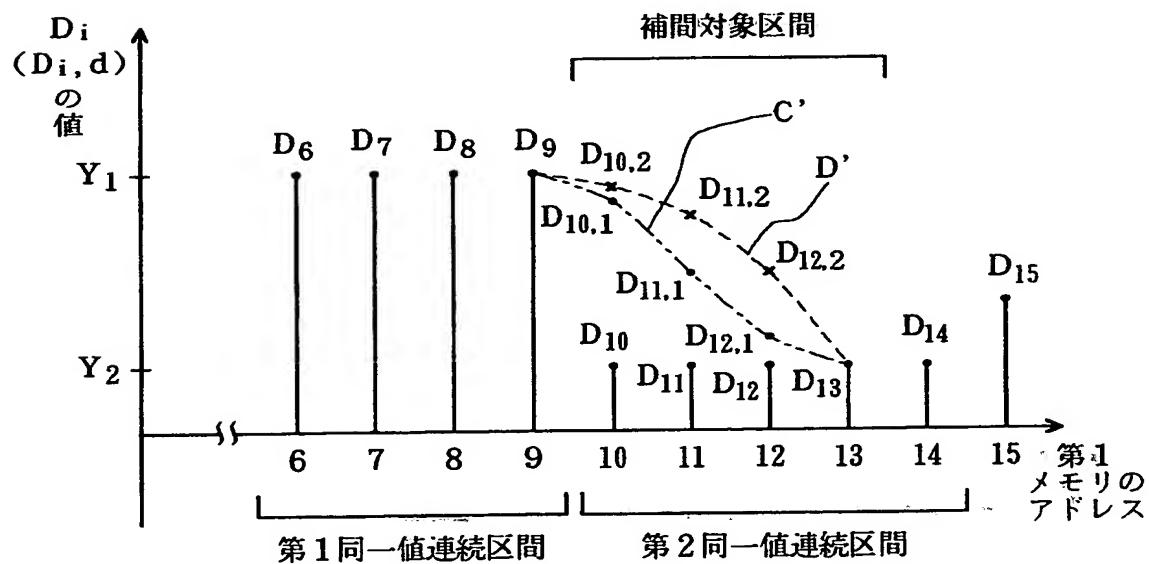


【図16】

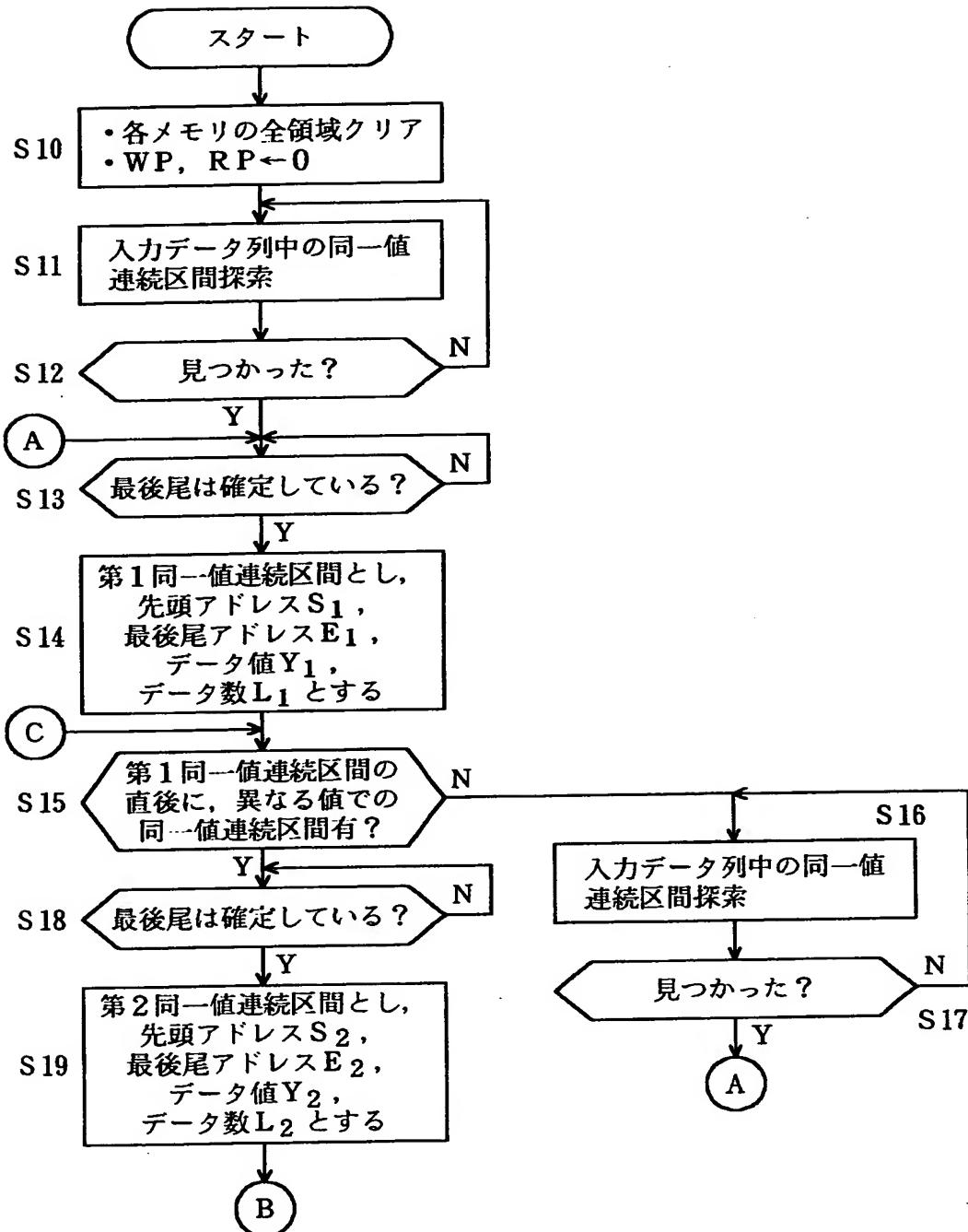
(1)



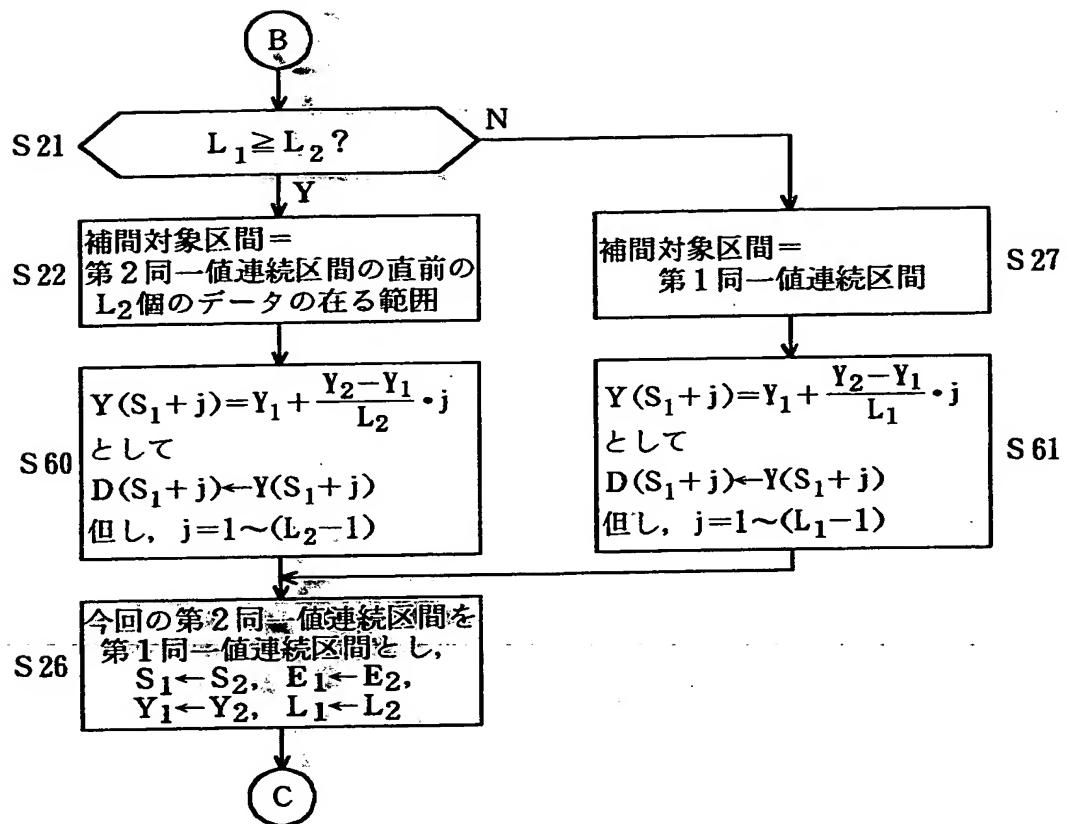
(2)



【図17】

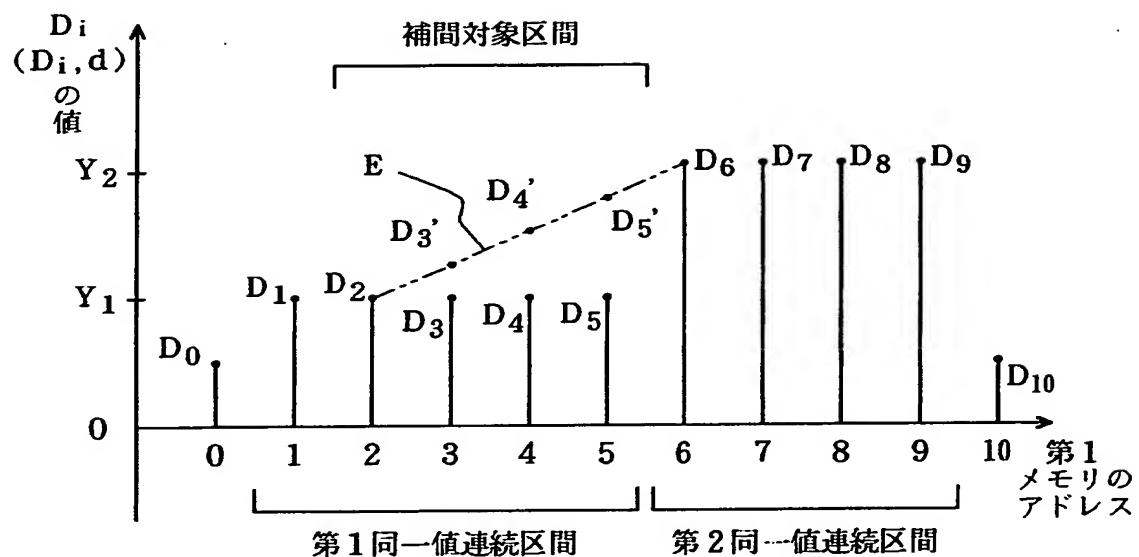


【図18】

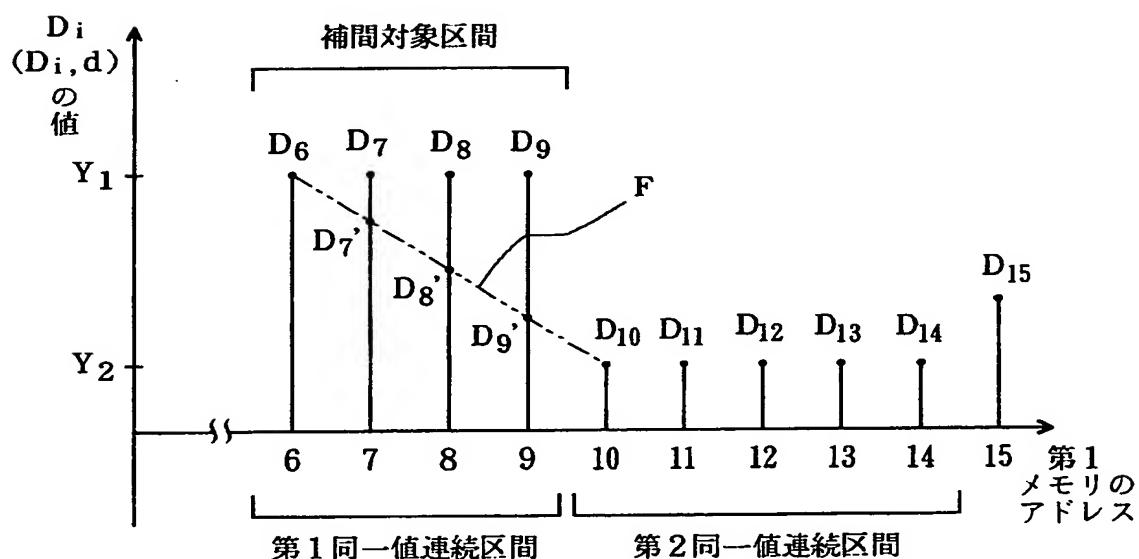


【図19】

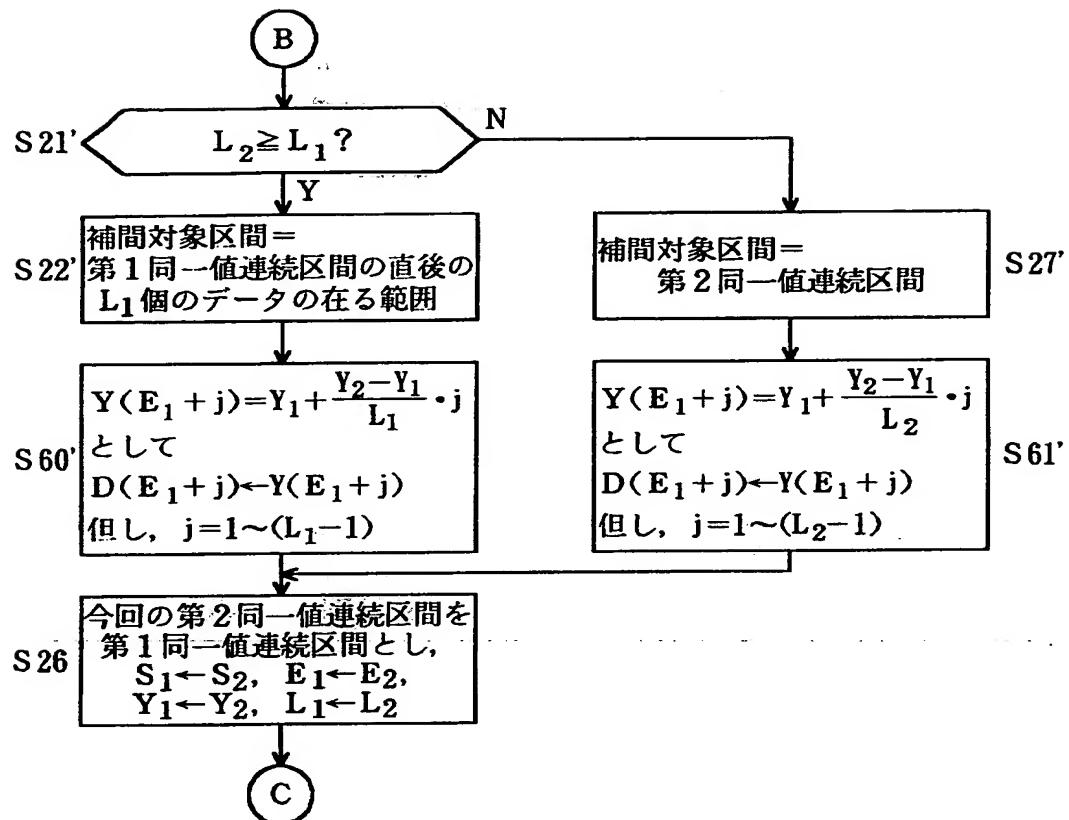
(1)



(2)

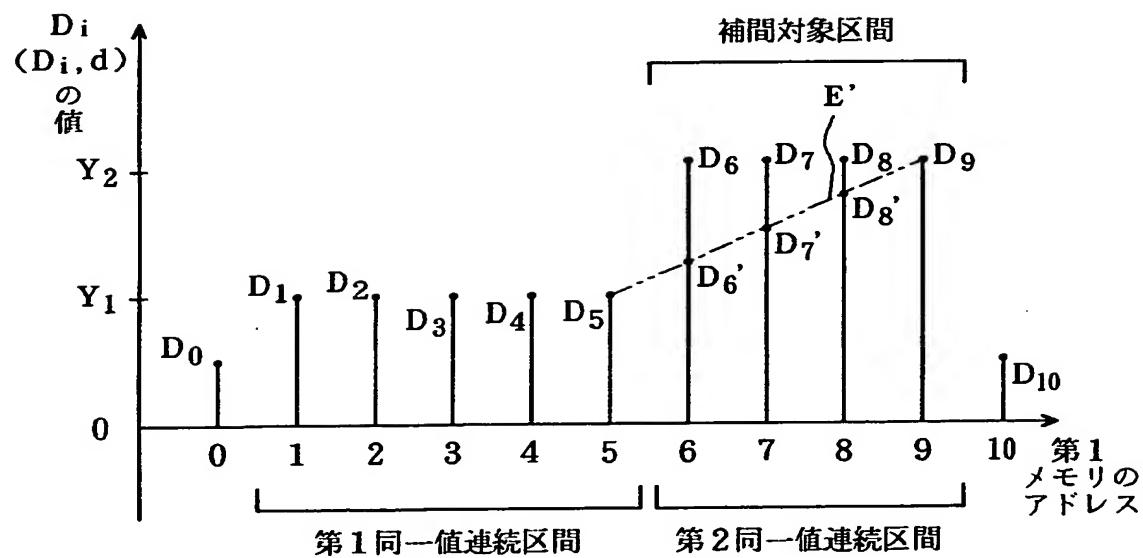


【図20】

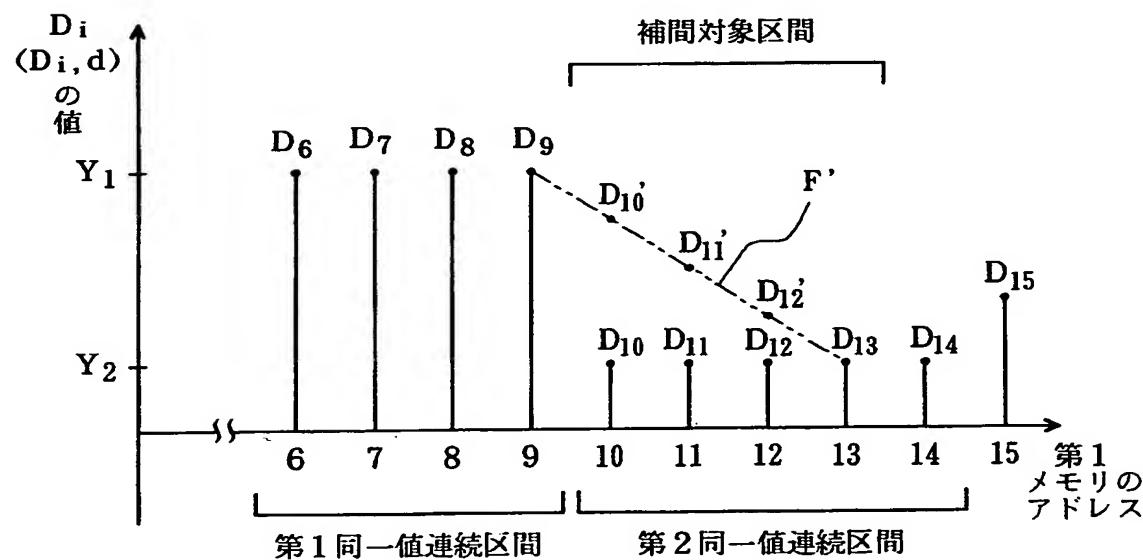


【図21】

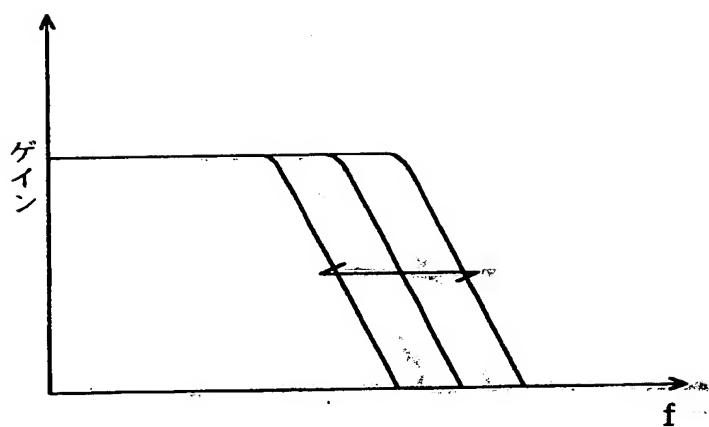
(1)



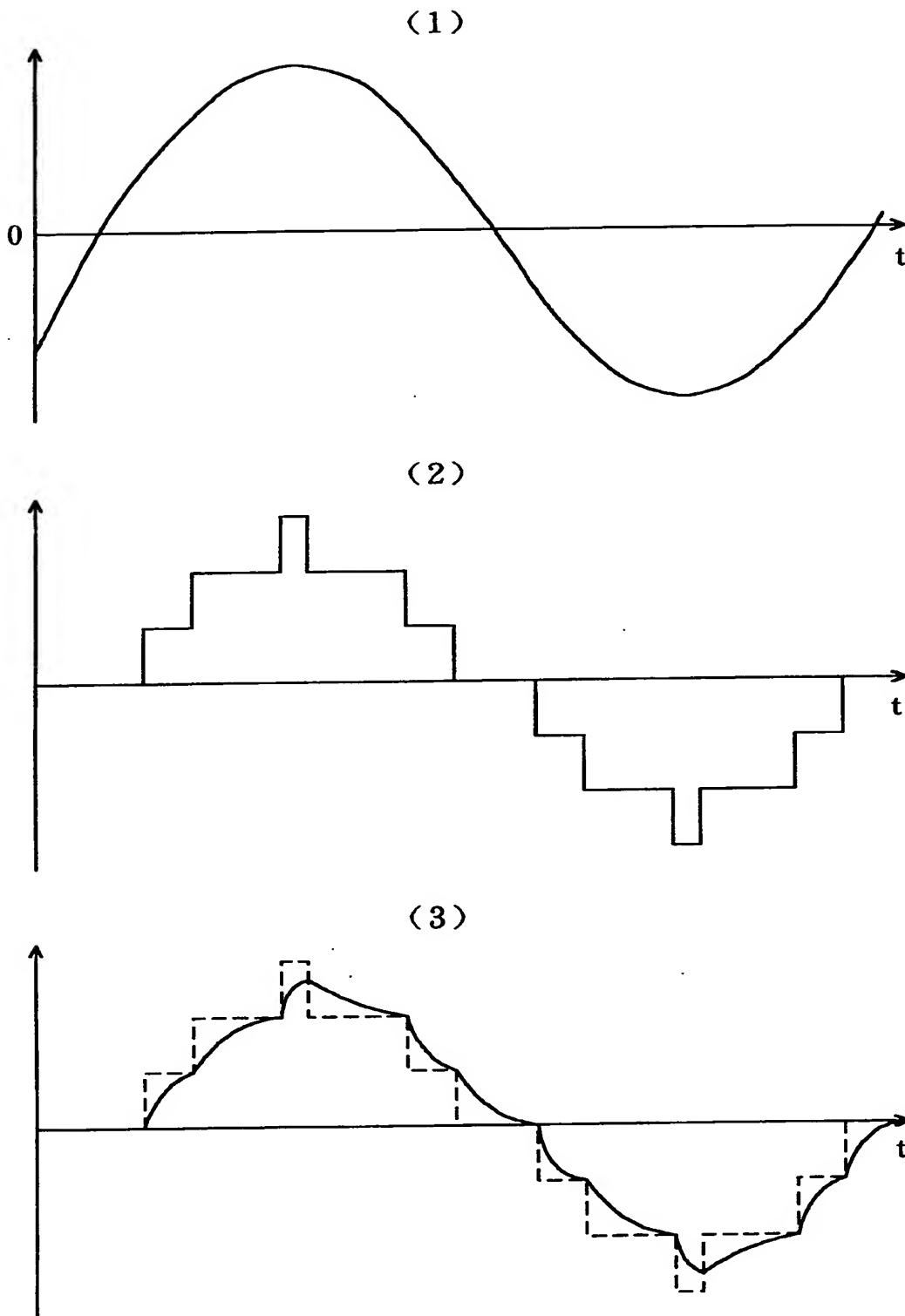
(2)



【図22】

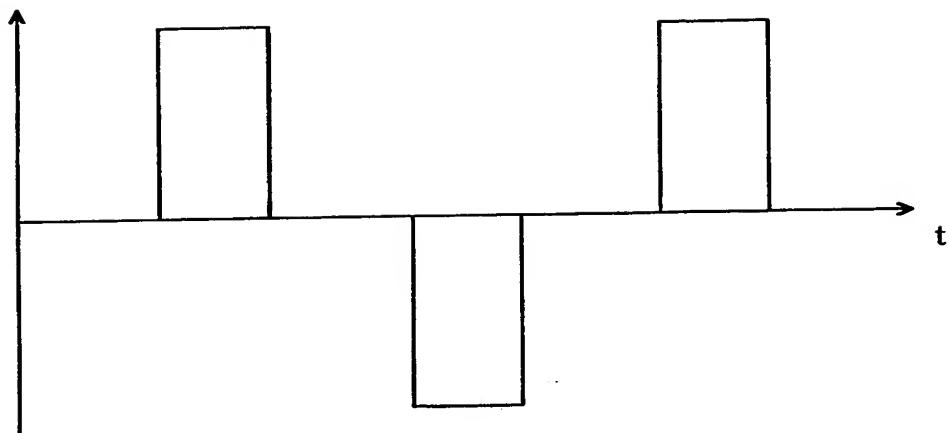


【図23】

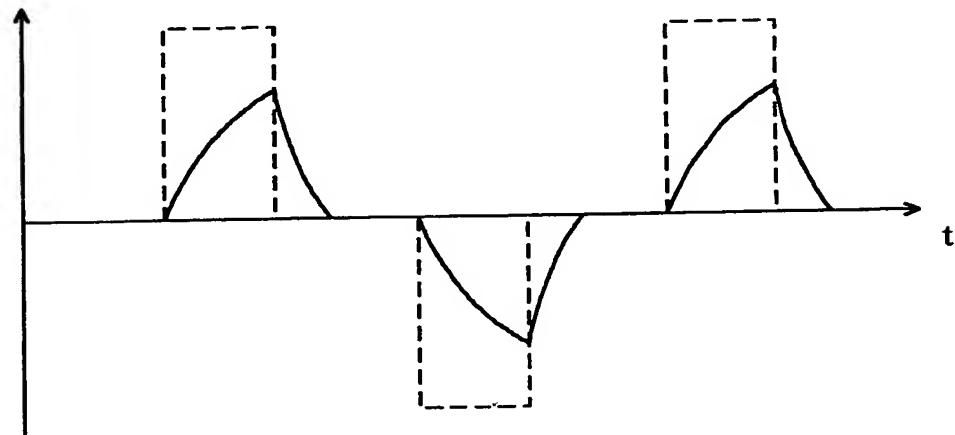


【図24】

(1)



(2)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 量子化歪を低減できる補間方法、補間装置を提供する。

【解決手段】 D S P 3 は第 1 メモリ 2 A に記憶されたデジタルデータ列を対象にして、互いに異なる値で同一値連続区間が 2 つ続けて出現した部分を探し、前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする。そして、補間対象区間を、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前で、第 2 同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の s i n 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させる。このあと、D S P 3 は第 1 メモリ 2 A から補間後のデジタルデータ列を読み出し、出力する。

【選択図】 図 10

出願人履歴情報

識別番号 [00003595]

1. 変更年月日 1994年 9月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号

氏 名 株式会社ケンウッド